Actas del Quinto Congreso Nacional de

Historia de la construcción

Burgos, 7–9 de junio de 2007

Volumen II



TEXTOS SOBRE TEORÍA E HISTORIA DE LAS CONSTRUCCIONES
Colección dirigida por Santiago Huerta

M. Arenillas, C. Segura, F. Bueno, S. Huerta (Eds.). **Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

F. Bores, J. Fernández Salas, S. Huerta, E. Rabasa (Eds.). **Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

A. Casas, S. Huerta, E. Rabasa (Eds.). **Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

A. Choisy. **El arte de construir en Roma**

A. Choisy. **El arte de construir en Bizancio**

A. Choisy. **El arte de construir en Egipto**

A. Choisy. **Historia de la arquitectura** (en preparación)

A. Graciani, S. Huerta, E. Rabasa, M. A. Tabales (Eds.). **Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

R. Guastavino. **Escritos sobre la construcción cohesiva y su función en la arquitectura**

J. Heyman. **Análisis de estructuras: un estudio histórico**

J. Heyman. **El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica**

J. Heyman. **La ciencia de las estructuras**

J. Heyman. **Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica**

J. Heyman. **Vigas y pórticos**

S. Huerta. **Arcos, bóvedas y cúpulas**

S. Huerta (Ed.). **Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

S. Huerta (Ed.). **Las bóvedas de Guastavino en América**

S. Huerta (Ed.). **Essays in the History of the Theory of Structures**

S. Huerta (Ed.). **Proceedings of the First International Congress on Construction History**

J. R. Perronet. **La construcción de puentes en el siglo XVIII**

H. Straub. **Historia de la ingeniería de la construcción** (en preparación)

H. Thunnissen. **Bóvedas: su construcción y empleo en la arquitectura** (en preparación)

A. Truñó. **Construcción de bóvedas tabicadas**

E. Viollet-le-Duc. **La construcción medieval**

Actas del Quinto Congreso Nacional de

Historia de la Construcción

QUINTO CONGRESO NACIONAL DE HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN. **Burgos, 7 – 9 junio 2007**

Organizado por:

Sociedad Española de Historia de la Construcción
Colegio Oficial de Ingenieos de Caminos, Canales y Puertos
Universidad de Burgos
Instituto Juan de Herrera. Escuela T. S. de Arquitectura de Madrid
Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo, Cedex

Dirección

Miguel Arenillas Parra y Cristina Segura Graíño

Secretario General

Francisco Bueno Hernández

Comité Organizador

Miguel Arenillas Parra
Francisco Bueno Hernández
Jesús Gadea
Santiago Huerta
Carlos Lavesa Díaz
Javier Muñoz Álvarez
Cristina Segura Graíño
Diego Saldaña Arce
María Tomasa García Martín

Comité Científico

Tomás Abad Balboa
Inmaculada Aguilar Civera
Miguel Arenillas Parra
Ricardo Aroca Hernández-Ros
Francisco Bueno Hernández
Antonio de las Casas Gómez
Fernando Checa Cremades
Rafael Cortés Gimeno
Joaquín Díez-Cascón Sagrado
Manuel Durán Fuentes
José Fernández Salas
Leonardo Fernández Troyano
Amparo Graciani García
Isabel García García
Francisco Javier Girón Sierra
José Luis González Moreno-Navarro
Santiago Huerta Fernández
Gema López Manzanares
Rosario Martínez Vázquez de Parga
Javier Muñoz Álvarez
Pedro Navascués Palacio
Enrique Nuere Matauco
José Carlos Palacios Gonzalo
Enrique Rabasa Díaz
Moisés Rubín de Célix Caballero
Amaya Sáenz Sanz
Fernando Sáenz Ridruejo
Diego Saldaña Arce
Cristina Segura Graiño
Isabel del Val Valdivieso
Fernando Vela Cossío
Luis Villanueva Domínguez

Actas del Quinto Congreso Nacional de

Historia de la Construcción

Burgos, 7 – 9 junio de 2007

edición a cargo de:
Miguel Arenillas
Cristina Segura
Francisco Bueno
Santiago Huerta

Volumen II





Sociedad Española de
Historia de la
Construcción

Instituto
Juan de Herrera
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE ARQUITECTURA DE MADRID

© Instituto Juan de Herrera
ISBN: 978-84-9728-242-0 (Obra completa); ISBN: 978-84-9728-244-4 (Vol. II)
© CEHOPU, Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo
© CEDEX, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas NIPO: 163-06-012-9
ISBN: 978-84-7790-445-8 (Obra completa); ISBN: 978-84-7790-447-2 (Vol. II)
Depósito Legal: M. 25.514-2007
Portada: Construcción del puente de Blackfriars de Londres, G. B. Piranesi 1764.
Fotocomposición e impresión:
EFCA, S. A. Parque Industrial «Las Monjas»
28850 Torrejón de Ardoz (Madrid)

Índice

Algunas notas sobre las piezas cerámicas en la construcción mesopotámica

Amparo Graciani García

El ladrillo ha sido uno de los primeros materiales de construcción empleados por el Hombre y, aún hoy, por las ventajas que su uso conlleva, lo sigue siendo. Sus orígenes de remontan al Neolítico del Próximo Oriente; precisamente, este trabajo pretende aportar algunas consideraciones sobre las piezas cerámicas de construcción de paramentos en Mesopotamia, la región del Próximo Oriente comprendida entre los ríos Tigris y Eúfrates, donde se constata el primer uso del ladrillo. El marco cronológico es muy amplio, correspondiendo a la etapa histórica; abarca hasta la caída de Babilonia en el s. VI a.C., habiéndose iniciado en el tránsito del V al IV milenio a.C., cuando, en el Neolítico mesopotámico, quizás de forma simultánea a la aparición de la fábrica aparejada en ladrillo, la pieza cerámica se somete por primera vez a un proceso de cocción, produciéndose así la invención del ladrillo; este hecho, que coincidía con el nacimiento de las primeras ciudades, implicaba un importante avance pues, aunque desde las primeras manifestaciones constructivas del 9.000 a.C. el barro había sido el material de construcción predominante en el Próximo Oriente, éste se había empleado apisonado o en adobes.

Comenzaremos el estudio con unas consideraciones previas sobre el proceso evolutivo y sus manifestaciones concretas hacia la generalización de la fábrica cerámica en la Mesopotamia histórica; centrados ya en esta fase, analizaremos las características de las piezas cerámicas, en cuanto a su forma, métrica y proceso productivo. En cualquier caso, por el amplio uso que la arcilla como material de construcción tuvo en la región, abarcando todas las manifestaciones de la propia Historia de la Construcción (elementos y sistemas constructivos, técnicas de revestimiento y ornamentación, instalaciones en la edificación y control ambiental, . . .) este recorrido se limitará a su empleo en obras de fábrica, facilitando una mejor comprensión del trabajo anterior en el que ya ofrecimos algunas reflexiones sobre las fábricas latericias de este periodo histórico (Graciani 2005b).

Para aclarar este texto, será conveniente establecer una rápida cronología de los periodos históricos de Mesopotamia (tabla 1), con independencia del Neolítico en el Próximo Oriente el que se referirán centros

Tabla 1
Cronología general de Mesopotamia del V milenio a.C. a la caída de Babilonia

CALCOLÍTICO (PERIODO DE EL OBED)	5000-3500 a.C.
PROTOHISTORIA (ÉPOCA DE URUK)	3500-2800 a.C.
PROTODINÁSTICO (ÉPOCA DE LAS PRIMERAS DINASTÍAS Ó EDAD DE ORO DE SUMMER)	2800-2320 a.C.
ÉPOCA DE ACAD	2320-2230 a.C.
ÉPOCA NEOSUMERIA	
Supremacía de los Güteos	2230-2120 a.C.
III Dinastía de Ur	2120-2000 a.C.
ÉPOCA PALEOBABILÓNICA	2000-1535 a.C.
ÉPOCA KASSITA O MESOBABILÓNICA	1535 a.C.-s.XII a.C.
ÉPOCA ASIRIA	ppios. III milenio a.C.-612 a.C.
ÉPOCA NEOBABILÓNICA	612-539 a.C.

de regiones distintas como Jericó (Palestina), Catal Huyuk (Anatolia), Catal Yarmo (Kurdistán), . . . Como base, se ha seguido a Blanco Freijeiro (Blanco 1972, 7–8).[1]

Las fuentes de información

Por circunstancias diversas (deleznabilidad de los adobes, superposición cultural, acarreo, destrozos antrópicos mayoritariamente bélicos, . . .) los paramentos conservados en altura son escasos considerando el amplio uso de la arcilla como material de construcción en la zona, lo que dificulta el establecimiento de una secuencia completa. En contados casos los arqueólogos han tenido la fortuna de encontrar ejemplares tan atractivos como los paramentos de adobe del templo de Isthar en Asur, conservados hasta 2 m de altura, por lo que la mayor parte de los estudios sobre fábricas han de realizarse sobre cimientos o tramos de muros enmarañados con estratigrafías posteriores. Tampoco la bibliografía es demasiado explícita con relación a este asunto, por lo que para trazar una evolución genérica hay que recurrir a las memorias de las excavaciones arqueológicas acometidas desde el siglo XIX, que recogen dimensiones de piezas, material fotográfico (en su caso) y dibujos y que a partir de la estratigrafía permiten conocer la evolución real, al no ser habitual en Mesopotamia la reutilización o acarreo de las piezas; afortunadamente, la obra de Sauvage (1998), en sus interesantísimos apéndices tipológico y bibliográfico, sintetiza los datos más significativos.

Algunos ejemplares de piezas de fondos museísticos (Británico, Louvre y Vorderasiatisches Museum)[2] nos permiten ofrecer una primera caracterización y una posible evolución formal y mensiocronológica, siempre con reservas por tratarse de ejemplos aislados, en ocasiones fragmentados, y habitualmente sacados de su contexto y de su estratigrafía. Especialmente curiosa, pero no exenta de problemas, es la pequeña colección de piezas y material de construcción donada al Museo Británico (B. M.) incluida en el ANE (*Ancient Near East)* por Sir Robert Ker Porter (1777–1842) que incluye piezas del Próximo Oriente, fundamentalmente del yacimiento de Babilonia, recién identificado cuando lo visitó.[3] Aún extraídas de la estratigrafía original, las piezas suelen tener un importante valor para determinar, si no la disposición en la fábrica, las dimensiones habituales en el momento, pues muchas pueden fecharse y adscribirse a un periodo gracias a las inscripciones y leyendas que suelen presentar a partir del III milenio a.C. y especialmente tras III Dinastía de Ur (2120–200 a.C.). Éstas se realizaban impresionando y estampando un molde sobre el barro aún húmedo. Los contenidos suelen ser muy repetitivos y conforme a un lenguaje muy estereotipado. Así, comienzan invocando al dios patrono de la ciudad o al rey o gobernador promotor de la obra; Parrot (1970, 220) aporta como muestra el comienzo de las inscripciones de época de Gudea: «A Ningursu, el fuerte guerrero de Enlil, su rey Gudea, pateéis de Lagash, su Eninnu (llamado) «Imgig brillante»». En algunos casos, incluyen referencias a materiales de construcción excepcionales o de importación; por ejemplo, los ladrillos circulares de época de Gudea que se conservan en el Louvre y en el Británico hablan de un pórtico de cedro, probablemente de El Líbano.[4] También suelen referir la expansión territorial del monarca constructor, hábito que permite fechar edificios o intervenciones concretas, verificando o contrastando testimonios escritos; por ejemplo, la afirmación de que Naramsim (2254–2218 a.C.), el rey dios que llevó Imperio Acadio a su máxima extensión, había destruido Ebla se confirma al aparecer en Susa (Tell-Brak) un gran edificio con muros exteriores de más de 10 metros de espesor, reconstruido con ladrillos que llevan su nombre. Las inscripciones solían realizarse en escritura cuneiforme hasta que en el siglo IX a.C. el arameo la sustituye gradualmente, aunque en época neobabilónica seguía siendo aún poco habitual. Por ejemplo, en la colección Porter se conserva una pieza, según Porter «muy rara», con un león y una inscripción en arameo —la letra M, quizás un monograma personal, sobre la abreviatura QSB que se traduce como «B ha presentado», siendo B la abreviatura del nombre de un dios.[5]

En algunos ladrillos —además o en vez de texto— aparecen también señales figurativas, medias lunas (Eridu), un águila o un león (Lagash), además de algunas marcas adventicias por huellas de paras de animal en ladrillos planos (Parrot 1970, 220).

Las inscripciones se realizan en la tabla, en el canto o en la testa, quedando en unos casos vistas y en otros ocultas y las encontramos tanto en paramentos como en pavimentos de ladrillo por tabla. La proliferación de las inscripciones es variable. Parrot (1970,

220) aporta algunos casos bien diferentes como algunos ladrillos de Gudea con inscripciones que cubren de 7 a 12 casillas, frente a los ladrillos de fundación del rey Iahdulim, recogidos por el propio Parrot en Mari (1953), que llevan grabado un relato de 157 líneas. En época neobabilónica estas inscripciones proliferan en grado extremo, distinguiéndose tres tipos. Las comunes, en un número de líneas variable que oscila entre 3 y 7, suelen aparecer en el interior de las piezas, en su tabla superior, quedando ocultas una vez colocadas. Un segundo tipo de marcas, que se podrían confundir con estrías generadas por las irregularidades de los moldes de fabricación, correspondería a un sistema de marcaje en la tabla superior para asegurar una correcta colocación de las piezas que resultaba especialmente apropiado en haces de paramento de ladrillo vidriado, como la Puerta de Isthar, la Fachada del Salón del Trono o la Avenida de las Procesiones, en las que aparece; pensemos, por ejemplo, que cada león de la Avenida de las Procesiones estaba realizado con 46 ladrillos distintos moldeados en 11 filas. Desde que Walter Andrae lo identificara en la fachada del Salón del Trono de Babilonia, permitiéndole entre 1899 y 1901 reconstruirlo casi en su totalidad en el Vorderasiatisches Museum, este método de marcaje ha sido determinante en procesos de reconstrucción. Un último tipo serían las inscripciones vistas en el paramento, como la que debía emplazarse a la entrada de la Puerta de Isthar (hoy en su lado izquierdo) en la que Nabucodonosor II recordaba su actividad constructiva, con alabanzas a los dioses, el buen nombre de la ciudad de Babilonia y la inmortalidad de su alma.[6]

Otra fuente de información básica a destacar son los ladrillos de fundación, piezas inscritas con las que se pretendía conmemorar las construcciones y que eran enterradas en los cimientos de los edificios, bajo las puertas o incorporadas en los propios muros y que eran venerados como un objeto de culto. Los textos, realizados o mano o estampados a molde,[7] suelen ser alabanzas a los dioses titulares de las edificaciones, explicando el uso y la finalidad de ésta, o bien a los soberanos que en el futuro habrán de restaurar dichos edificios. Los ladrillos de fundación son una variante de los distintos elementos que pueden encontrarse en un depósito de fundación (Graciani 2005a) y se encuentran desde la época neosumeria (periodo de la supremacía Gútea, 2230–2120 a.C,.) aunque la tendencia se mantiene en los distintos periodos posteriores, existiendo ejemplares paleobabilónicos[8] y asirios.[9]

Las piezas: del adobe al ladrillo. Tipologías y dimensiones

Los precedentes prehistóricos; de las primeras fábricas de adobe a la aparición del ladrillo y las primeras fábricas aparejadas

Aunque en la Prehistoria del Próximo Oriente no se conocía la técnica de cocción de piezas cerámicas, aquí se producen avances determinantes en el proceso evolutivo de las fábricas de arcilla, tanto durante la fase preneolítica como en la neolítica. Así el uso más temprano constatado de piezas de adobe corresponde al preneolítico de Jericó (Tell al-Sultan) en Palestina, en el Valle del Jordán, en una zona bien distinta a aquella región, Mesopotamia, donde luego florecerían las fábricas de adobe y ladrillo.

Concretamente, estos restos del estrato inferior de Jericó, aparecidos en 1952 (bajo la dirección del arqueólogo Katheleen Kenyon), son piezas de 26 × 10 × 10 cm, trabadas con mortero de barro, pertenecientes a unas viviendas de la cultura Natufiense, del Neolítico Acerámico A (h. 8300–7.600 a.C.) (Campbell y Price 2004, 26; Blanco 1975, 12).[10] La aparición del adobe implica una reflexión acerca de las ventajas de la fragmentación en porciones de la masa de barro y agua, por la facilidad de su manipulación manual y porque al menos parcialmente se resolvían los problemas de solidez que presentaban los muros de barro apisonado debido al lento secado de la masa y a la consiguiente contracción y agrietamiento. Además, al incorporar paja secada se evitaba que la pieza se resquebrajara durante el secado; la solución no es casual en un entorno, la costa mediterránea de Asia Menor, donde se concentraba la mayoría de los asentamientos epipaleolíticos (y posteriormente neolíticos), donde se disponía de desechos vegetales de trigo y cebada silvestres para incorporar a la arcilla y en el que las precipitaciones anuales eran superiores a 200 mm. Una tercera ventaja era que, al poderse transportar los adobes con más facilidad que el barro, la pared se podía construir más distanciada del lugar de obtención de la materia prima. En cuarto lugar, no era necesario utilizar un soporte de sujeción del muro para mantenerlo recto durante el secado del barro, ya

que el ladrillo actuaba como encofrado permanente. En cualquier caso, se trataba de piezas realizadas a mano y, por tanto, de forma y tamaño no uniforme, con juntas de barro, muy gruesas y frágiles.

En el Neolítico Acerámico B (7600–6600 a.C.), el adobe seguirá siendo el material de construcción predominante en este poblado, pero no en todos los asentamientos agrarios coetáneos de la zona, donde la piedra ya empezará a trabajarse. Aunque en algunos asentamientos agrarios parece que ya se realizaban adobes en molde, las piezas de los estratos acerámicos de Jericó se fabricaban a mano y con forma planoconvexa, es decir con la base plana y la cara superior alabeada (Roaf 1992, 29), tratándose por tanto de los precedentes más inmediatos de los ladrillos planoconvexos luego característicos del Protodinástico en la contigua Mesopotamia. Los adobes de Jericó del Neolítico Acerámico B no sólo eran distintos en forma; también eran algo mayores, de 40 × 15 × 10 cm (Campbell y Price 2004, 26).

Pero en Jericó no sólo se observan cambios en la forma de la pieza; pese a las similitudes tipológicas entre las viviendas de las dos fases (planta rehundida, acceso escalonado, forma redondeada, cubierta bardada, . . .) los estratos protoneolíticos del yacimiento evidencian una reflexión evolutiva de las necesidades y las propiedades físicas de los adobes. En primer lugar, sobre la necesidad de aislamiento de la humedad por capilaridad que presenta la fábrica de adobe, pues los paramentos se disponen sobre cimientos pétreos. Quizás la misma idea, aunque también por exigencias defensivas, estuviera presente en la muralla IV de Jericó, donde el adobe se limitó a un coronamiento sobre una base pétrea de 1,64 m de espesor y unos 5 m de altura. En segundo lugar, se observa una preocupación por mejorar la adherencia del mortero de barro a las piezas y con ello la cohesión de las fábricas, de modo que en los estratos del neolítico Precerámico B encontramos las primeras piezas con impresiones digitales, algunas generando disposiciones en espina de pez. Las impresiones justifican el alargamiento de las piezas al aplicarla presión de los pulgares.

En el Próximo Oriente en este momento la técnica de fabricación del adobe no estaba aún demasiado extendida, aunque ya se detecta de dualidad de los tipos de piezas de Jericó.[11] Su generalización en los distintos focos geográficos se retrasó al Neolítico Cerámico (7000–4000 a.C.), existiendo fábricas de adobes en Anatolia (h. 6850 a.C., Catal Huyuk) y en el valle del Tigris (en Samarra, en el centro del actual Irak, en el asentamiento de Tell al Tell al-Sawwan, h. 6300 a.C.). Hubo zonas en las que nunca se pasó del barro apisonado al adobe, a pesar de que tuvieron un Neolítico muy activo, como el Kurdistán, al Norte de Irak o en el poblado de Catal Yarmo; tampoco en la cultura de Halaf, que hacia el 6000 a.C. sustituyó a la de Samarra, en la que se construía en piedra o en barro apisonado, por ejemplo, en el yacimiento de Yarim Tepe II.

No obstante, durante el VII milenio a.C. se produjeron de modo puntual importantes avances: hacia el 6850 a.C. en Catal Huyuk (Anatolia) aparecen las primeras fábricas armadas con estructuras de madera; posteriormente, a finales del milenio, y algo más al Sur, en Samarra (Tell al Tell al-Sawwan) los encuentros y los ángulos de las fábricas de adobe se refuerzan con unos característicos soportes adicionales que posteriormente se convertirán elementos propios de la arquitectura mesopotámica.

La fase histórica: la generalización de la cocción durante El Obed (Mesopotamia, 5.000–3500 a.C.). Los limitados usos hasta Nabucodonosor de Babilonia

Pese a estos avances prehistóricos, no sería hasta el periodo de El Obed y en un ámbito geográfico bien distinto, Mesopotamia, donde curiosamente no existían asentamientos más antiguos y por tanto se carecía de tradición en el uso de la arcilla, cuando se producirían dos importantes cambios: la aparición de los primeros aparejos y la generalización del proceso de cocción de piezas cerámicas para tales usos. Aunque la cocción del barro se conocía en Europa y en el Próximo Oriente hacia el 7000 a.C., los primeros ladrillos descubiertos hasta hoy en Mesopotamia corresponden a una acequia en Maddhur en el periodo El Obed 3–4 (hacia el 5000–4500 a.C.). Sin embargo, parece que hasta el periodo de Uruk III o Jemdet Nars (3100–2900 a.C.) fue algo excepcional. La generalización de la cocción de piezas cerámicas precisamente como consecuencia del emplazamiento de dicha cultura en las llanuras formadas por el légamo del Tigris y el Eúfrates, muy fértiles pero al tiempo inundables, se ingenió como solución para proteger del deterioro por humedad (descomposición y disgre-

gación) los arranques de los muros de adobe durante las crecidas, la pavimentación de los espacios abiertos y las fábricas de las obras hidráulicas; el cambio implicaba ya un conocimiento de las diferentes arcillas así como el proceso de encendido y mantenimiento del horno a una temperatura de cocción estable.

Sin embargo, reinando Nabucodonosor (605–562 a.C.), el material de construcción por excelencia de la región seguirán siendo las piezas de adobe, quizás porque la escasa disponibilidad de madera en el lugar (en construcción se importaban ricas especies, como cedro de El Líbano) dificultaba los procesos de cocción, al tiempo que las altas temperaturas posibilitaban el secado al sol de los adobes. En un contexto en el que otras culturas —como la griega arcaica— estaban ya habituadas a la cocción del ladrillo, la neobabilónica optó por un avance técnico como consecuencia, sin duda, de los desastres ocasionados por las inundaciones del Eúfrates; de hecho, la implantación del ladrillo como material habitual de construcción, con la consiguiente aparición de una industria ladrillera de envergadura apropiada a las ingentes cantidades de material, se produjo durante la reconstrucción de Babilonia y el amplio programa de construcción monumental acometido por el monarca de las obras destruidas por la crecida del Eúfrates; años antes, su padre, Nabopolasar (625–605 a.C.), primer rey de la dinastía, había desarrollado un programa de restauración de Babilonia para devolverla a su antiguo esplendor que incluía ampliar el recinto amurallado y el palacio, y lo había hecho exclusivamente en adobe, siguiendo la tradición. Las construcciones más singulares de la nueva ciudad de Nabucodonosor II, con quien el Imperio Neobabilónico alcanzó su cenit y gloria final y quien continuó el impresionante proyecto empezado por su padre, fueron levantadas con ladrillos cocidos, constituyendo el primer ejemplo histórico de un programa constructivo a gran escala de muros de este material, entre ellas, la Puerta de Isthar. En cualquier caso, también influirían las posibilidades de importar madera para la combustión, como consecuencia de las nuevas conquistas hacia el Norte y el Oeste; pensemos que hasta ese momento, los principales intercambios comerciales e históricos de los mesopotámicos habían sido con los egipcios, cuyos constructores —por las mismas razones— habían utilizado adobe; recuérdese, por ejemplo, la invasión asiria de Egipto, en el siglo VIII a.C. No obstante, en edificaciones comunes (por ejemplo, viviendas y murallas) se mantuvo el uso prioritario del adobe, material que por tanto numéricamente fue mayoritario. Esto justifica que, en el periodo Neobabilónico, contándose ya con una sofisticada industria ladrillera, el ladrillo fuera cinco veces más caro que el adobe, lo que en cualquier caso implicaba una reducción muy importante de los costes de producción, considerando que según los documentos conservados de la Tercera Dinastía de Ur (2111–2003 a.C.) los ladrillos cocidos costaban treinta veces más que los adobes (Campbell, y Price 2004, 30).[12]

En cuanto a su forma y dimensiones se puede establecer un proceso evolutivo en los ladrillos mesopotámicos. Según su forma eran de tres tipos: a) prismáticos; b) planoconvexos, y; c) circulares y derivados (sectores de circunferencia y sectores de coronas de circunferencia). Aunque los más tempranos (de época preneolítica) son de caras rectangulares, desde el Protodinástico, en que se diversifican los tipos de piezas, encontramos ya ladrillos con alguna de las caras de dimensiones cuadradas. Para encontrar piezas circulares y sus derivadas habrá que esperar al Renacimiento Neosumerio, coincidiendo con una diversificación de tipos de piezas y con un perfeccionamiento de fábricas y aparejos.

Los ladrillos paralepípedos de Mesopotamia no mantienen dimensiones constantes. Parece observarse una clara tendencia a disminuir las proporciones y a proporcionar la relación soga/tizón. Las piezas más antiguas de las que tenemos referencia son los adobes de Tell al Tell al-Sawwan, en el Valle del Tigris (6300 a.C.), en los que la soga alcanzaba los 60 cm; en época Calcolítica (5000–3500 a.C.), en los niveles XVIII, XVII, XVI, XI y IX de Eridú, encontramos ya adobes de dimensiones considerablemente menores, grandes en cualquier caso (46 × 26 × 8 cm) (Davey 1967, 70).

Esta tendencia a disminuir la dimensión de la pieza se mantiene en época Protohistórica (3500–2800 a.C.) pues, aunque hay algunos adobes de grandes dimensiones denominados *patzen*, de 80 × 40 × 16 cm (Blanco 1975, 40–41), tipo que evidencia ya una proporción dimensional, con una relación constante y bien definida de 1: 2, en paralelo, a finales del periodo (Uruk III, o periodo de Jemdet –Yemdet— Nasr, 3100–2800 a.C.), vemos piezas (tipo *riemchem*) de dimensiones considerablemente menores (16–24 cm de soga). Precisamente será este tipo de ladrillo, el

riemchem, el más común de época protohistórica. Se trata de unos pequeños ladrillos de igual tizón que grosor, por tanto con testas cuadradas. La relación soga-tizón, idéntica soga-grueso, oscila entre 2,6 y 2,4. Si bien las proporciones son similares, las dimensiones (Parrot 1970, 218) varían en los distintos yacimientos: 16 × 6 × 6 cm (1: 2,6), 18 × 8 × 8 cm (1: 2,5), 22 × 9 × 9 cm (1: 2,4) y 24 × 10 × 10 cm (1: 2,4) (tabla 2).

Tabla 2
Piezas protohistóricas (3500–2800 a.C.) Tipos riemchem y patzen (el último)

Dimensiones	Soga: Tizón	Soga: Grueso
16 x 6 x 6 cm.	1: 2,6	1: 2,6
18 x 8 x 8 cm.	1: 2,5	1: 2,5
22 x 9 x 9 cm.	1: 2,4	1: 2,4
24 x 10 x 10 cm.	1: 2,4	1: 2,4
80 x 40 x 16 cm	1: 2	1: 5

La aplicación de un nombre alemán proviene de que la primera vez que se encontró este tipo fue durante las excavaciones en el complejo NO protohistórico del nivel IV b del Templo de Eanna en Uruk, ciudad más importante de Mesopotamia en la época; fueron precisamente los arqueólogos alemanes que excavaron el yacimiento los que se lo dieron. En concreto, aparecieron en las murallas y en las dos filas de columnas del complejo SE del Nivel Uruk IVb,[13] recubriéndose con una gruesa capa de adobe que recubrían con conos de arcilla cocida con base coloreada con diversos motivos. Cuando posteriormente, en el nivel Uruk IV a, en el complejo NO se levantara un nuevo edificio sobre el Templo de Mosaico de Conos de piedra más antiguo, se haría con este tipo de ladrillo, por lo que se aplicaría al edificio el nombre de *Riemchengebäude* («edificios construidos con ladrillos *riemchem*»).

Aunque los riemchem eran característicos del Sur de Mesopotamia también se extendieron a las colonias mesopotámicas coetáneas a Uruk III del Norte y el Oeste, por ejemplo en el Alto Tigris (Roaf 2000, 64–66), en Siria, y especialmente en el Alto Eúfrates (no sólo en la presa de Tabqa sino también en el yacimiento de Habuba Kabira, en su acrópolis religiosa Tell Qannas, que se extendía más de un kilómetro a lo largo de la ribera occidental del Eúfrates y que estaba protegido por una muralla fortificada). Pero tampoco se limitó a Uruk y sus colonias; así lo encontramos en el yacimiento de Jemdet Nars (3100–2900 a.C.), en Babilonia, en un gran edificio que se presupone de uso administrativo y que comprendía un muro de casamata de unos 90 m de largo con torres defensivas a intervalos estratégicos. En cualquier caso, en el Periodo protohistórico no era infrecuente que los *riemchem* se simultaneen con los *patzen* como sucedía en los Templos de Enana y en el Zigurat de Anu, ambos en Uruk (Parrot 1969, 12–16).

La importancia de la utilización de este ladrillo *riemchem* en época Protohistórica pone de manifiesto cómo los constructores apreciaron tempranamente (último periodo de Uruk y Jemdet Nasr, 3100–2900 a.C.) las ventajas de las caras (tablas, cantos o testas) cuadradas de los ladrillos a la hora de modular y aparejar y trabar la fábrica, en tanto permiten, además, ser fragmentados en sendas piezas rectangulares, cuyo tizón por tanto equivalía a la mitad de la dimensión del ladrillo cuadrado original. De hecho, en periodos posteriores, las caras cuadradas de los ladrillos no se realizarán por tizón × grueso (testa) sino por soga × tizón (tabla), disminuyendo generalmente de forma considerable los espesores de las piezas. Así, en el siguiente periodo, el Protodinástico, 2800–2320 a.C., encontraremos algunos ejemplos de ladrillos cuadrados coincidiendo con un momento de mayor diversificación tipológica en el que también aparece un nuevo tipo de ladrillo prismático, los ladrillos *planoconvexos*.

El ladrillo *riemchem,* característico de la época protohistórica, sería mayoritariamente abandonado a partir del Protodinástico, dando paso al *planoconvexo* aunque, en cualquier caso, en zonas periféricas (como la cuenca alta del Tigris) se mantuviera el ladrillo *riemchen*, bien combinado con el *planoconvexo* (Protodinástico I, templo de Abu, en Tell Asmar) o usado de forma exclusiva (templo de Isthar en Mari). De los ejemplos expuestos se deduce que la perduración de este tipo de piezas no dependía exclusivamente de la distancia del foco constructor, pues de hecho, Mari, emplazada en el Eúfrates Medio, quedaba más próxima que Tell Asmar del Sur de Mesopotamia.

Como ya hemos indicado, el ladrillo planoconvexo fue característico del Protodinástico (2800–2300 a.C.); por ejemplo, en el Protodinástico II se constru-

yeron con dicho tipo los muros de Uruk. No obstante, en algunos puntos, incluso del Eúfrates Medio, estos coexistieron con el *riemchem,* propio de la época anterior, coexistencia que también se manifiesta en los depósitos fundacionales.[14]

Se trata de adobes paralepípedos con la tabla superior ligera e irregularmente abombada, con un alabeo de unos 15 mm, si bien según Parrot éste es más acentuado en la región del Sur (Summer) que en el Eúfrates Medio (Parrot 1970, 218). Los autores que como P. Delougaz (1933) han trabajado sobre el tema no han encontrado justificación a la forma de tales ladrillos, aunque apuntan que hoy en día se sigue trabajando la forma en piedra sin labrar en las provincias de las colinas del Norte de Irak, por lo que se ha sugerido que los montañeses que se asentaron en la llanura imitaron en ladrillo su tradicional material constructivo. Aunque las medidas más comunes son 30 cm de soga y 20 de tizón, los hay de dimensiones variables (tabla 3); de hecho, en algunos casos las tablas se aproximan a la proporción 1:1, por la similitudes de sogas y tizones, mientras en otros adquieren forma rectangular en proporciones variables entre 1:1,5–1:2. En Ur, Woolley documentó piezas planoconvexas de distintas medidas: 27 × 17 × 10 cm (1:1,5); 16 × 15 × 5 cm (1:1); 19 × 17 × 10 (1:1,1); y 18 × 9 × 7,5 cm (1:2) (Parrot 1969, 218).

Tabla 3
Piezas protodinásticas (2800–2320a.C.) Tipo planoconvexo

Dimensiones	Soga: Tizón	Soga: Grueso
16 x 15 x 5 cm.	1: 1	1: 3,2
18 x 9 x 7,5 cm.	1: 2	1: 2,4
19 x 17 x 10 cm.	1: 1,1	1: 1,9
27 x 17 x 10 cm.	1: 1,5	1: 2,7

Además de la aparición del ladrillo planoconvexo, en este periodo de las Primeras Dinastías hay que destacar la utilización de otros tres tipos de piezas. Por una parte, ladrillos oblongos (de tabla rectangular); así Parrot (1970, 220) aporta algunas dimensiones de las piezas de este tipo y de la época que él encontró en Mari[15] (tabla 4): 20 × 13 × 5 cm; 28 × 19 × 6,5; 30 × 20 × 5 cm; 31 × 23 × 5 cm; 32 × 22,5 × 5 cm; 32 × 25 × 5 cm; 33 × 12 × 6 cm y 34 × 22 × 4,5 cm.

Tabla 4
Piezas protodinásticas de tabla rectangular procedentes de Mari

Dimensiones	Soga: Tizón	Soga: Grueso
20 x 13 x 5	1: 1,5	1: 4
28 x 19 x 6,5	1: 1,4	1: 4,3
30 x 20 x 5	1: 1,5	1: 6
31 x 23 x 5	1: 1,3	1: 6,2
32 x 22,5 x 5	1: 1,4	1: 6,4
32 x 25 x 5	1: 1,8	1: 6,4
33 x 12 x 6	1: 2,7	1: 5,5
34 x 22 x 4,5	1: 1,5	1: 7,5

En segundo lugar, están constatado, aunque con un uso muy puntual, grandes adobes prismásticos cúbicos, es decir, de tres caras idénticas (cuadradas) y por tanto con igual dimensión de soga, tizón y grueso; por ejemplo, aparece en algunas escaleras, como las del Hipogeo de Shulgi (Dungi), en Ur (2106–2059 a.C.), resolviéndose los escalones con piezas únicas siendo además huella y contrahuella de igual dimensión. En segundo lugar, piezas de tabla cuadrada empleadas ya para pavimentar, pero que coexistían con soluciones de ladrillos planoconvexos en espina pez. En las excavaciones de Mallowan (1949) en Nimrud se constata la utilización de ladrillos de tabla plana (no planoconvexos) y cuadrada (de igual dimensión soga-tizón), por lo que se enmarcan en este periodo los primeros ejemplos de ladrillos de tabla cuadrada, que serán tan característicos de la construcción mesopotámica posterior, si bien hasta el momento apenas de emplearán para la construcción de fábricas, para lo que habrá que esperar a la época Neosumeria.

Fue precisamente a partir de ella, en concreto durante la III Dinastía de Ur (2120–2000 a.C.) se produjeron importantes cambios. El primero, la utilización ya generalizada de ladrillos cuadrado ya desde el reinado de Ur Namu (2113–2096), fundador de dicha Dinastía. En este periodo, el ladrillo cuadrado se concibe no para ser dividido en dos generando piezas rectangulares sino para obtener dos a partir de un ladrillo rectangular mayor, en el que la dimensión de la soga equivale a dos ladrillos cuadrados. Este tipo de piezas tiende a utilizarse en el interior del paramento y también en los haces, en los que para favorecer la traba se alterna en hiladas con ladrillos de tabla rec-

tangular. Parrot (1970, 220) concreta las dimensiones de los ladrillos neosumerios que encontrara en Mari en 1953, bien diferentes de los de la etapa anterior: de una parte los ladrillos de tabla cuadrada (31,5 × 31,5 × 5,5 cm; 32 × 32 × 6 cm; 47 × 47 × 7 cm), según Parrot, calculados de acuerdo con el pequeño y el gran codo, y de otra los medios ladrillos de 30 × 15 × 6 cm.

La segunda novedad neosumeria es la aparición de los primeros ladrillos circulares de los que han constancia en la Historia de la Construcción. Los neosumerios emplearon piezas de ladrillo circulares o con forma bien de coronas de circunferencia o de sectores de circunferencia para construir columnas de arcilla. La excepcionalidad, en cualquier caso de este tipo de piezas se debe a que los soportes predominantes eran los pilares, de sección cuadrada o rectangular, aparejados en ladrillo, o bien pies derechos y columnas de madera, en algunos casos (al menos, pocos se han conservado). Realmente, su empleo sólo está documentado en las columnas que debieron soportar un pórtico de madera de cedro (se presupone del Líbano) en el templo construido en Tello (antiguo Girsu, al Sur de Irak) por Gudea de Lagash, perteneciente por tanto al periodo Guteo (2230–2.120 a.C.)[16] y en las excavaciones de Mussian (Ruiz de la Rosa 1987, 39).

Las piezas circulares siempre se fabricaron para el interior (centro) del soporte, no habiéndose constatado el empleo de ladrillos en secciones de discos con el radio del fuste a construir ni tampoco con el diámetro correspondiente. De hecho, según Adam (1996, 168–69) los primeros ejemplares para ambas soluciones son de época romana, procedentes del Sur de Italia.[17] Los ejemplos mesopotámicos son bien singulares como consecuencia del diámetro mucho mayor de estos soportes; no puede compararse el diámetro exigido a una columna de ladrillo para un peristilo de una casa romana (por ejemplo, las del segundo peristilo de la Casa del Fauno de Pompeya, de 52 cm de diámetro) con el que necesita una columna que soporta un muros de arcilla (adobes y ladrillos) de gran espesor como los mesopotámicos, o bien como en el caso de los referidos ejemplares de Tello, la estructura y la cubierta de un pesado pórtico de madera de cedro del Líbano. En este caso, cada columna presenta un diámetro aproximado de 70 cm, apareciendo yuxtapuestas. Por ello, en Mesopotamia, el espesor de la columna se realiza no con piezas únicas por hilada sino mediante piezas aparejadas y bien trabadas mediante la alternancia de hiladas constituidas por distintas tipologías de ladrillos, bien con forma circular, de sectores de circunferencia o de sectores de coronas de circunferencia. En Roma, por el contrario, cuando se recurre a la variante de sectores de circunferencia o bien a aquellas que exigen de un vertido central de *caementium*, la traba se limita al desplazamiento de cada una de las piezas, solapándose sobre el centro de la correspondiente de la hilada inferior. Esto justifica que los ladrillos circulares de Tello (realmente previstos no para todo el espesor de la columna sino para el centro de una de las dos hiladas básicas) tengan un diámetro de 23,5 cm En cualquier caso, el grueso de este tipo de piezas en ambas culturas es muy similar, oscilando entre 6,5 y 7 cm (6,5 cm Tello/ 7 cm Casa del Fauno, Pompeya). Además de estos ladrillos circulares ladrillos aplantillados con forma de sector circular de un sexto de circunferencia en el caso de los hallados en Mussian y de un octavo en los de Tello y ladrillos en forma de sectores de circunferencia; la forma diversa de estos ladrillos viene condicionada por el aparejo del soporte, de modo que se combinan los distintos tipos para asegurar la traba de las piezas.

En la época accadia, con Naramsim (2254–2218 a.C.), se detecta ya una cierta standarización en las dimensiones de las piezas, empleándose frecuentemente adobes de tabla cuadrada (52 × 52 cm). Este tipo de piezas aparece por ejemplo en el Palacio de Naramsim en Tell Braq (Siria) y en el Palacio Viejo de Assur; quizás pudiéramos extrapolar a las piezas de ladrillo la interpretación de Mallowan de que las similitudes en las plantas de estos palacios pueden deberse a la existencia de unos patrones normalizados (Ruiz de la Rosa 1987, 57; Blanco 1972, 111–113) que debieron enviarse a los distintos centros administrativos, lo que justificaría la unidad también en la producción de las piezas y en su métrica.

Durante el periodo Paleobabilónico (2000–1535 a.C.), los ladrillos de tabla rectangular son menos frecuentes que los que la tienen cuadrangular y se observa como estos últimos tienden a realizarse de mayores dimensiones que en las épocas precedentes. Parrot (1970, 219) aporta las dimensiones de los ladrillos hallados en Mari, la importantísima estación caravenera que dominaba el Eúfrates Medio y que fue incorporada territorialmente al Imperio Paleoba-

bilónico durante la heptarquía de Isin Larsa; de tales datos se desprende la utilización mayoritaria de piezas de tabla cuadrada, con soga y tizón en relación 1:1, pero con distintos grosores, sin existir una proporción constante entre soga/tizón y grueso de las piezas. Según Parrot, las piezas de tabla cuadradas son de 39 × 39 × 9 cm (soga-tizón/ grueso, 1: 4,3); 33 × 33 × 6 cm (1: 5,5); 45 × 45 × 11 (1: 4) y 42 × 42 × 11 cm (1: 3,8); las rectangulares son de 40 × 22 × 7 cm, por lo que en ellas prácticamente se mantiene la proporción 1:2. Parrot refiere sólo una pieza de tabla rectangular, en la que las proporciones (40 × 22 × 7 cm) se aproximan a la relación 1:2 (1: 1,8). Esta importancia cuantitativa de los ladrillos de tabla cuadrada puede deberse a la tendencia constatada desde época neosumeria a emplear este tipo de ladrillos en el interior de los muros y a alternar en sus haces o paramentos las hiladas de éste con las de los tabla rectangular consecuentes de la fragmentación en dos de las piezas cuadradas (tabla 5).

Tabla 5
Piezas paleobabilónicas (2000–1535 a.C.)

Dimensiones	Soga: Tizón	Soga: Grueso
39 x 39 x 9 cm.	1: 1	1: 4,3
33 x 33 x 6 cm.	1: 1	1: 5,5
45 x 45 x 11 cm.	1: 1	1: 4
42 x 42 x 7 cm.	1: 1	1: 3,8
40 x 22 x 7 cm.	1: 1,8	1: 5,7

En la fase cassita o mesobabilónica (1.535–s. XII a.C.) seguimos encontrando ladrillos de tabla cuadrada (32 × 32 × 8 cm) para la pavimentación de patios, que son colocados al modo tradicional, por tabla. Así los vemos en los Patios del Templo de Enlil, marcados con las improntas del rey Kurigalzu (s. XIV a.C.) en la nueva capital Dur-Kurigalzu (Aqaqurf) (Blanco 1972, 177; Córdoba 1986, 27 y 34). Los adobes del interior del zigurat y los ladrillos de los paramentos son de proporciones distintas (28–30 × 14–15 × 8–10 cm), por tanto con una proporción soga-grueso de 1:3–3,5 y de soga tizón 1:2 (tabla 6).

Estas modificaciones en las dimensiones de las piezas, especialmente en la relación soga-tizón por implicar una modulación de la fábrica, evidencia un perfeccionamiento de la técnica de la albañilería en ladrillo en la época cassita. Esta novedad no es la única; se comprueba una mejora en los aparejos y en tanto en los métodos de traba como en las posibilidades ornamentales generadas por la aparición, por primera vez constatada, de hiladas de ladrillos a sardinel. En ese mismo contexto de juegos ornamentales con fábricas de ladrillo, se enmarca la aparición de un nuevo tipo de ladrillo (abocelado o moldeado), unas piezas de barro cocido con relieves de formas convexas en sus cantos, que, mediante la superposición de hiladas a soga, generan composiciones y figuras decorativas en los haces de paramento que constituyen verdaderos bajorrelieves. Estos ladrillos se hacían a mano, esculpidos en la arcilla aún húmeda y antes de hacer la fábrica se montaban para comprobar su ajuste, probablemente insertando entre ellos una tabla o una hoja de palma simulando las juntas horizontales. Una vez secados se cocían.

Tabla 6
Piezas cassitas o mesobabilónicas (1535–s. XII a.C.)

Dimensiones	Soga: Tizón	Soga: Grueso
28 x 14 x 8 cm.	1: 2	1: 3,5
30 x 15 x 10 cm.	1: 2	1: 3
32 x 32 x 8 cm.	1: 1	1: 4

Este tipo de ladrillo fue empleado por ejemplo en el friso de 2 m de altura que ornamentaba el pequeño santuario erigido por el rey Karaindash, en Uruk, a Innana y que hoy se encuentra en el Museo de Bagdad. En él aparece un motivo muy mesopotámico, el del vaso manante (que vierte su contenido), pero reproducido de un modo muy particular «con yuxtaposición de dioses y de diosas, que alternan en el fondo de un pequeño nicho, sosteniendo con las dos manos el aríbalo, mientras las ondas trazan sus recorridos sinuosos, de nicho en nicho, y sobre cada una de las pilastras que lo limitan» (Parrot 1969, 316). El interés de esta técnica es doble; por una parte, será adoptada por los elamitas en el segundo milenio a.C.,[18] los neobabilónicos después y finalmente los persas aqueménides y, por otra, esta técnica será un paso previo a la aparición posterior de los ladrillos vidriados en relieve neobabilónicos y persas-aqueménides.[19] Por las cuatro novedades cassitas (modulación definida, hilada a sardinel, ladrillos abocelados y armados de carrizo) podemos comparar el valor constructivo y ornamental de la albañilería mesoba-

bilónica en el contexto mesopotámico con el que siglos más tarde, en un ámbito geográfico bien distinto, tendría la albañilería en ladrillo almohade en relación al contexto andalusí.

En época asiria el cambio más importante será la aparición de los primeros ladrillos vidriados, en su cara al haz paramento. A partir del siglo IX, los asirios aplicaban una técnica de larga tradición (IV milenio a.C.), consistente en dar al ladrillo una capa de barniz de cuarzo pulverizado, calentándolo con un poco de sosa, añadiendo plomo a todas las arcillas (no sólo a las más silicosas).[20] De este periodo asirio, destaca su empleo en la Puerta del Palacio Real de Khorsabad. Esta técnica llegaría a su máximo apogeo en época neobabilónica; éstos continuarán con los ladrillos abocelados cassitas si bien darán un paso más allá fusionando esta técnica con el vidriado asirio, generando magníficas realizaciones de barro vidriado en relieve, sin duda la mejor la Puerta de Isthar, reconstruida hoy en el Museo Staatlitche de Berlín. Las tres fases constructivas de dicha Puerta evidencian el proceso: ladrillos abocelados, ladrillos planos vidriados y finalmente ladrillos vidriados en relieve (Mazarhan 1992). Los ladrillos vidriados neobabilónicos serán verdes, azules, blancos y amarillos y las juntas son finísimas como consecuencia del rebaje de cada pieza.

En época de Nabucodonosor de Babilonia (605–562 a.C.), se produce en las dimensiones de los ladrillos de fábrica, si bien se sigue la tradición en cuanto se utilizan dos tipos, los de tabla rectangular y los de tabla cuadrada. También se sigue modulando la pieza en razón 1:2 (soga: tizón). Los ladrillos babilónicos de época de Nabucodonosor eran de forma y proporciones muy particulares: cuadrados de entre 32 y 33 cm de lado (33 cm × 33 cm; 32,5 × 32 cm) y rectángulos como consecuencia de fragmentar la pieza en dos de 33 × 16.5 cm y en cualquier caso con un grueso muy similar a los ladrillos actuales[21] (tabla 7).

Tabla 7
Piezas neobabilónicas de época de Nabucodonosor (605–562 a.C.)

Dimensiones	Soga: Tizón	Soga: Grueso
33 x 33 x 8 cm	1: 2	1: 4,1
33 x 16,5 x 8 cm	1: 2	1: 4,1

La dimensión de los ladrillos neobabilónicos se utiliza como argumento para determinar el valor de las medidas de longitud del momento. Ruiz de la Rosa (1987, 48) considera que el codo neobabilónico, usado tras el 600 a.C. en sustitución del codo ordinario, podría equivaler —como ya indicaba Thureau (1921)— a 49,5 cm y que el pie, 2/3 de éste, coincidiría con los 33 cm de la medida estándar de los ladrillos.

Después en época persa sasánida se seguirán haciendo piezas cuadradas, si bien como baldosas de barro cocido y vidriado en relieve para revestimiento de elementos arquitectónicos y presentando decoraciones diversas.[22] Los ladrillos cuadrados también continuarán utilizándose en la zona bajo dominio grecorromano, aunque con leves variaciones en las dimensiones respecto al periodo neobabilónico. Por ejemplo, en Tello han aparecido ladrillos helenísticos del siglo II a.C. de 30,50 × 31 × y 7,50 cm[23] Los persas seguirán también empleando ladrillos de tabla rectangular para la construcción de paramentos, que vidriaron en frisos ornamentales, entre los que destaca el de Los Arqueros, hoy en el Louvre. Aunque se mantiene el rebaje de las piezas y a pesar de que en el vidriado se siguieron las técnicas neobabilónicas, la gama de los colores empleados en época de Darío sería más amplia superando los verdes, azules, blancos y amarillos neobabilónicos.

Conclusiones

De estas notas sobre las piezas cerámicas en la construcción mesopotámica se desprenden las siguientes consideraciones. En primer lugar, se observa una tendencia progresiva a la disminución de las dimensiones de las piezas, sólo interrumpida por una fase de inversión en el proceso correspondiente a la época acadia, tendencia que es pareja a un incremento desmesurado en el espesor y, en general en la envergadura, de las construcciones.

Además, desde época protodinástica, tienden a utilizarse ladrillos de tablas cuadradas, que se alternan generalmente con otros de tabla rectangular, de modo que las relaciones soga-tizón mayoritarias son 1:1 y en menor número de casos 1:2. Vinculamos este desarrollo de los ladrillos de tabla cuadrada a las amplias posibilidades de uso de este tipo de piezas, desde disposiciones por tabla en pavimentos hasta en

el espesor o interior del muro, así como a las ventajas en el aparejo.

La amplia diversidad de medidas encontradas hace pensar en que la uniformidad en el patrón sólo se estableció en periodos de máxima expansión militar y de una burocracia administrativa bien centralizada como fueron el Imperio Acadio y, especialmente, la etapa neobabilónica. Por otra parte, la escasez de fuentes de información sobre la metrología mesopotámica en la Antigüedad imposibilita establecer una posible relación entre las unidades de medida vigentes y las dimensiones de las piezas más allá de la mera hipótesis. Probablemente, las dimensiones atiendan a premisas de manejabilidad (el operario y sus manos) y de adaptación al sistema metrológico (codos, pies, palmos y palmas fundamentalmente), sistemas que en cualquier caso sólo se conocen difusamente y que hipotéticamente algunos autores determinan (codos de 49,5 cm, pies de 33, palmos de 24/25 y palmas de 8/9 . . .). La dispersión es amplia aunque la utilización de un sistema aritmético, con una numeración de base sexagesimal en ocasiones y decimal en otras (60 — sar— gran sar . . .), podría justificar valores como 6, 9, 18 ó 24.

Agradecimientos

Especial agradecimiento al Dr. Ruiz de la Rosa por sus consideraciones sobre la metrología de las piezas.

Notas

1. Evidentemente, la cronología admite muchas consideraciones. Por ejemplo, Parrot (1969, 63) adelanta al 2450 a.C. la conclusión del Protodinástico.
2. En esta comunicación utilizaremos las siguientes siglas: MB. L. (G.B.), Museo Británico de Londres (Gran Bretaña), Ancient Near East (ANE); ML. P. (Fr). Museo del Louvre de París (Francia), Antiquités Orientales (AO); (VM.B.) Museo Vorderasiatisches de Berlín (Alemania).
3. Robert Ker Porter fue un artista escocés, viajero y diplomático que recorrió el Próximo Oriente dibujando ruinas y restos arqueológicos, primero como pintor histórico del Zar de Rusia (1804, por ejemplo Persépolis) y posteriormente (1817–1820) para la Academia Rusa de Bellas Artes. Sus contactos con Claudius Rich (1786–1821) le permitieron extraer piezas del yacimiento de Babilonia.
4. BM. L. (G.B.). Circular brick with an inscription of Gudea. ANE 96945.
5. BM. L. (G.B.). Babylonian brick. S. VIII–VII a.C. ANE 1821, 1–20.7. Habiendo sido fragmentada por Porter para favorecer su transporte, actualmente tiene 18,7 cm de soga y 12,9 cm de tizón pero debía ser de tabla cuadrada y de al menos 30 cm de lado.
6. Marzahan (1992, 29–30) recoge la traducción de tres fragmentos de dicha inscripción.
7. En el Louvre se conserva un ejemplar de molde de terracota para estampar inscripciones en ladrillos de fundación procedente del templo del dios Soleil, en Larsa, h.1850 a.C. ML. P. (Fr.) AO 27586.
8. Ladrillo de fundación del templo de Shamash, dios del sol y de la Justicia, por Yahdum-Lîn, rey de Mari (1825–1810 a.C.). ML. P. (Fr.) AO 21815.
9. Ladrillo del Palacio de Nimrud de Assurnasirpal II (883–-859 a.C). ML., P (Fr.) AO 31553; Ladrillo de fundación de época de Sargón II (fin del siglo VII a.C.). ML. P. (Fr.) AO 10620.
10. Blanco Freijeiro data los restos hacia el 9.000 a.C.
11. Campbelll y Price (2004, 26–27) recogen un mapa de situación de los asentamientos en ladrillo del Neolítico Precerámico; señalan la existencia de los ladrillos más rudimentarios (simplemente realizados a mano como los del estrato inferior de Jericó)en el Valle del Jordán (en Netiv Hagdug y en Aswad) en el Alto Tigris (Cayönu), en el Alto Eúfrates (Cafer Höyuk y Dja'de) y en el Tigris Medio (Ginning, Nemrik y M'lefaat). La presencia de ladrillos similares al segundo tipo de Jericó, con las inscripciones digitales, se localizan mayoritariamente en la Baja Mesopotamia (Eridu, Oueili,, Choga Bunut, Choga Mish, Ganj Dereh, Chogah Sefid, Choga Mami, Songor) y ocasionalmente en el Tigris Medio y en el yacimiento de Aswad, próximo a Jericó.
12. Según los autores durante la Tercera Dinastía de Ur con una moneda de plata se podían comprar 14.400 adobes mientras que con la misma sólo 504 ladrillos cocidos.
13. En el nivel IV b del Templo de Enana en Uruk aparecieron dos complejos rodeados de columnas, el mayor hacia el SE y el menor al NO. A los edificios del SE se llegaba por una escalinata doble de unos 1,7 m de altura con dos filas de columnas en la parte alta de 2,6 m de anchura cada una, que se conoce como el Patio de los Muros de Mosaico o Templo de las Columnas. En el extremo Oeste estaba el Templo de Mosaicos Cónicos de Piedra.
14. ML. P. (Fr.) AO 4641. Ladrillo planoconvexo de fundación de época de Eanatum, príncipe de Lagash, procedente de Tello. h. 2.450 a.C.; ML. P. (Fr.) AO 351. Ladrillo cocido de fundación inscrito. de época de Eanatum, príncipe de Lagash, procedente

de Tello. h. 2.450 a.C., tipo prismático, para la construcción de un pozo en la plaza del templo del dios Ningursu.

15. Parrot indica que hasta 1960 no se encontraron piezas planoconvexas de este momento, tan solo las referidas de tabla rectangular.
16. En el Museo Británico se conserva una pieza (vid. nota 3) (British Museum 1922, 59).
17. De las fotografías y de la información aportadas por Adam parece desprenderse que en Roma existían tres siguientes grupos de variantes para la construcción de columnas, en un total de cinco tipos.
    Grupo 1: Variantes cerámicas dispuestas en todo el espesor de la columna: Ladrillos de forma circular (tipo 1) y en sectores de circunferencia (tipo 2).
    Grupo 2: Variantes cerámicas en torno a un espacio central para vertido de *caementium*: Ladrillos en sectores de corona de circunferencia (tipo 3); Ladrillos en sectores de circunferencia irregulares (por ejemplo, en la Casa de Terentius Proculus de Pompeya; (tipo 4); Ladrillos en corona de circunferencia (*pilae* de las termas de Ankara).
    Grupo 3: Variante excepcional, más sofisticada, con distintas piezas cerámicas en todo el espesor de la columna, por ejemplo, las columnas de la Basílica de Pompeya, según Adam, el caso más antiguo de ladrillos con este uso, aprox. del 120 a.C. (tipo 5).
18. Por ejemplo, se empleó en el panel de ladrillo abocelado que ornamentaba la fachada de un templo de Inshushinak en Susa, construido por Kutir-Nahhunte y Shilhak-Inshushinak, reyes de Anzan y de Susa, y que representaba al dios toro y a la diosa Ninhursag. Actualmente se encuentra en el Louvre (ML. P. (Fr.); Sb. 2732, Sb. 2733; Sb. 2734; Sb. 2735, Sb. 14390, Sb. 14391, Sb. 19575, Sb. 19576, Sb. 19577).
19. En el museo del Louvre se pueden ver distintos paneles ornamentales de ladrillo con esfinges, toros, grifos y leones de época aqueménida, del Palacio de Dario en Susa, hacia el 510 a.C., tanto ladrillos vidriados como abocelados (en relieve sin vidriar) se aparejan a sogas con solape de medio. Paneles del Palacio de Dario I en Susa (h. 510 a.C.). ML. P. (Fr.) Sb. 3325, Sb. 3297, Sb. 3301, Sb. 3299.
20. Según aparece en algunas tabletas asirias de la Biblioteca Real de Nínive, cerada por Asurbanipal en el siglo VIII a.C., se añadía otro alcalí, antimonio y arsénico.
21. Ladrillo de Nabudodonosor II. MBL, ANE 90081.
22. ML. P. (Fr.) Baldosa decorada con dos medios rosetones Sb. 21880; Baldosa de ángulo decorada en los tres lados Sb. 9511; Baldosa decorada con una rosa central y de hileras de triángulos Sb. 3337; Baldosa con motivo geométrico Sb. 2820; Baldosa decorada con círculos concéntricos AOD 495, Baldosa con decoración geométrica Sb. 21882.
23. ML. P. (Fr.) AO 29775. Ladrillo de fundación inscrito en griego y arameo que menciona la dinastía Adad de Nadin-Ahhe. s. II a.C.

Lista de referencias

Adam, Jean-Pierre. 1996. *La construcción romana. Materiales y Técnicas*, 168–169. León: Ed. De los Oficios.

Al-Khayyat, A.A. 1986. «Aqar Quf. Capitale des cassites». En *Dossier Histoire et Archélogie,* 103: 59–61.

Barnett, R.D. 1972. *Sir Robert Ker Porter. Regency artist and traveller.* Iran.

Blanco Freijeiro, Antonio. 1972. *Arte Antiguo de Asia Anterior.* Universidad de Sevilla.

British Museum 1922. *A guide to the Babylonian an Asirían antiquities, 3 rd. Ed.* London: British Museum.

Campbell, James W.P.y Pryce, Will. 2004. «Ladrillo», 22–37. En *Historia Universal.* Blume.

Carter, T.H. 1962. *Studies in Kassite History and Archeology.* Ann Arbor: Univerity Microfilms Intern.

Córdoba Zoilo, Joaquín. 1986. La aventura de los casitas. *Koiné.* Revista del Patrimonio Histórico, 5: 23–36.

Davey, Norman. 1967. *Historia de la Construcción.* Barcelona: Ed. Jano.

Delougaz, P. 1933. *Planoconvex Bricks and the Method of their Employment.* Chicago.

Frankfort, Henry. 1982. *Arte y Arquitectura del Oriente Antiguo.* Madrid: Manuales de Arte Cátedra.

Graciani García, Amparo. 1992. *Mesopotamia. Problemática y consideraciones generales para un estudio de la construcción.* Universidad de Sevilla.

Graciani García, Amparo. 2005a. «Depósitos fundacionales en las cimentaciones mesopotámicas y egipcias». En *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción,* 537–547. Cádiz.

Graciani García, Amparo. 2005b. «Una aproximación a las fábricas de albañilería en ladrillo en la construcción mesopotámica. El descubrimiento de la adherencia y la traba». En *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 547–560. Cádiz.

Marzahan, Joachim. 1992. *The Isthar Gate. The Processional Way. The New Year Festival of Babylon.*Staatliche Museen zu Berlin. Vorderasiatisches Museum.

Parrot, André. 1969. *Sumer.* Madrid: Colección El Universo de las Formas. Aguilar (4ª ed.)

Parrot, André. 1970. *Assur.* Madrid: Colección El Universo de las Formas Aguilar. (3ª ed.)

Porter, Robert Ker. 1821–22. *Travels in Georgia, Persia, Armenia, ancient Babylonia during the years 1817–1818, 1819 and 1820,* 2 vols. London.

Roaf, Michael. 2000. *Atlas cultural de Mesopotamia y el Antiguo Oriente Medio.* Barcelona: Óptima (ed. Esp.).
Ruiz de la Rosa, José Antonio. 1987. *Traza y Simetría de la Arquitectura. En la Antigüedad y el Medievo*, 38–42 y 48. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
Sauvage, Martin. 1998. *La brique et sa mise en œuvre en Mésopotamie. Origines à l'Époque Achéménide.* Paris: Centre de Recherche d'Archéologie Orientale. Université de Paris I, nº. 13.
Thureau-Dangin, F. 1921. «Numération et Métrologie Sumériennes». En *Reveu d'Assyr. et d'Arch. Orientale,* vol. 18, vol. 3: 123–142.
Woolley, Leonard C. 1953. *Ur, la ciudad de los caldeos.* México: Fondo de Cultura Económica.

Tipologías y variantes de la construcción con mampostería en época medieval: aproximación al caso segoviano

I. Hernández García de la Barrera
Raimundo Moreno Blanco

Tres son las características que tradicionalmente se han atribuido al románico segoviano: ejemplos tardíos, pobres y que siguen modelos repetitivos. Durante los trabajos de elaboración de los tomos correspondientes a la diócesis de Segovia de la *Enciclopedia del Románico en Castilla y León* (AA. VV. 2007) se ha tenido la oportunidad de constatar la riqueza y variedad que se originó en estas tierras en cuanto a las fábricas se refiere con las distintas variantes de la mampostería. Entre ellas ha llamado poderosamente la atención por su profusión y singularidad aquella que emplea como método constructivo los cajones o tapias de calicanto en la arquitectura religiosa. En el conjunto total de los edificios de época o traza románica suman un porcentaje que oscila entre el 10 y el 15%, lo que teniendo en cuenta los más de trescientos edificios con restos de este estilo supone un elevado número que ronda la cuarentena. Nuestro objetivo en las siguientes páginas es presentar este sistema, acercándonos a su particular empleo de los materiales ofrecidos *in situ* —cal, tierra y rollo calizo—, así como a su historia, tipología de edificios a los que dio lugar, y geografía y cronología en las que se empleó mayoritariamente.

Recoge el Fuero de Cuenca, y tras él una larga lista de los mismos, la existencia del oficio de tapiador desde el s. XIII. Esta actividad reunía «a los especialistas que trabajan con tierra aglutinada y pisada en encofrados, con los que levantan los muros, tapias y paredes» (Garín 1996, 394), que junto a la de los canteros, carpinteros, herreros, vidrieros, caleros o tejeros se han ocupado de las empresas constructivas hasta época reciente, cuando han sido relegados por nuevos materiales y técnicas.

Esta mención, si bien relevante por constatar la que debía ser realidad del momento, no deja de resultar tardía si se tienen en cuenta referencias a este sistema de construcción —aun variando los materiales y su proporción en el uso— desde bien antiguo, remontándose las primeras referencias a edificaciones defensivas de Oriente Próximo, en los imperios Asirio y Egipcio, extendiéndose desde allí por el mundo antiguo y arraigando especialmente en el Norte de África y la Península Ibérica (Eslava Galán 1984, 272). Queda esto testimoniado por el ejemplo del yacimiento del Castillo de Doña Blanca (Puerto de Santa María, Cádiz), donde según explican Gracia Alonso y Munilla,

> En el siglo VII a. C. el yacimiento experimenta una remodelación constructiva documentada en la construcción de recintos de hábitat realizados con cimientos de piedra y paredes de adobes y tapial rebozadas con arcilla y enlucidas con cal. (2004, 273)

Es Cayo Plinio Segundo sin embargo quien ofrece las primeras referencias a esta técnica en la península, admirándose de la resistencia de los muros de los edificios así construidos, a los que otorgaba una dureza mayor a la del cemento, durabilidad de siglos e inmunidad a la lluvia, el viento y el fuego (cfr. Eslava Galán 1989, 52). A comienzos del siglo XV sería

Ibn Jaldún quien describiese la técnica, que aún entonces en poco difería de la empleada siglos atrás, basándose, como hoy, en el uso de las tablas —tapiales— para formar un cajón o encofrado cosido que se rellena de mortero y que al fraguar se retiran (cfr. Lewcock 1985, 137). Tras estas han seguido otras descripciones más o menos afortunadas y que en lo fundamental difieren en poco, por lo que aquí huelga glosarlas.

Por otra parte, el hecho de emplear materiales presentes en amplias zonas de territorio, de menor coste, cuya ejecución requiere un menor grado de especialización en el oficio, además de permitir ahorrar tiempo en la realización y puesta en obra, han hecho del tapial una técnica cuyo empleo se hizo extensivo. Se puede hablar de una tradición constructiva, de una herencia, que sin solución de continuidad ha permanecido mientras lo han hecho los oficios que le daban forma, constituyendo parte esencial de la arquitectura popular, vernácula, de gran parte del territorio peninsular.

Sin entrar en el debate sobre la despoblación absoluta o no de los terrenos al sur del Duero después de la conquista musulmana, lo cierto es que tras las campañas de Alfonso VI y, especialmente, la toma de Toledo, la situación para estas tierras varía sustancialmente, siendo receptoras de gentes venidas de zonas más septentrionales en su mayoría. Surgen de este modo importantes necesidades constructivas que van desde las propias viviendas, a las fortificaciones, cercas, lugares de culto, puentes, . . .

Si toda arquitectura es hija y reflejo de unas circunstancias concretas, este momento descrito toma forma en los impulsos emprendidos por la Corona, los concejos y los cabildos —a los que se sumarían algunas órdenes monásticas—, que hicieron variar profundamente el panorama presente hasta entonces.

Del empeño y los posibles del promotor dependía en gran medida la importancia de la fábrica, lo que hizo —por ejemplo— que junto a la importancia de los testimonios reunidos en Sepúlveda, se levantasen templos en lugares cercanos caracterizados por la humildad de sus materiales, lo moderado de sus dimensiones y lo austero de sus formas, de lo que puede ser muestra el templo de la localidad de Villaseca.

Como es lógico pensar fueron más abundantes estos últimos tanto por motivos económicos como de tiempo, pues se pretendía asentar a la población en cuanto fuese posible, circunstancias ambas a las que responden las características vistas del tapial.

El empleo de la esta técnica se hizo entonces tan necesario como generalizado —prolongando una tradición ya conocida en estas tierras, como han puesto de manifiesto autores como Zamora Canellada y Vela Cossío (2005, 1143)— recurriendo a toda de una serie de variantes que ha provocado aún a día de hoy una cierta confusión terminológica.

Según el Diccionario de la Real Academia Española, «mampostería» es tanto la obra como el oficio que emplea «mampuestos colocados y ajustados unos con otros sin sujeción a determinado orden de hiladas o tamaños». Distingue entre tres categorías: concertada, en seco y ordinaria (aquella que lleva argamasa). «Calicanto», por su parte, se define como «obra de mampostería» y «mazonería» como fábrica de cal y canto.

Parecida situación se da al hablar de «tapia» y «tapial»,[1] puesto que dos de sus acepciones son iguales, si bien en otra se señala que «tapia» sería «cada uno de los trozos de pared que de una sola vez se hacen con tierra amasada y apisonada en una horma», mientras que para «tapial» se habla de «molde de dos tableros paralelos en que se forman las tapias» (Algorri y Vázquez 1996),[2] siendo esto sinónimo de «encofrado», que se define del siguiente modo «molde formado por tableros o chapas de metal, en el que se vacía el hormigón hasta que fragua, y se desmonta después», lo que también se podría denominar horma, hormazo o encajonado. En su estudio sobre terminología de construcción tradicional con tierra De Hoz, Maldonado y Vela (2003, 13) señalan que,

> El término «tapial» se emplea habitualmente para aludir a la técnica de construcción utilizada, al elemento constructivo resultante del proceso de compactación de la tierra y al cajón usado como molde. En un sentido estricto debería emplearse únicamente para referirse al primer concepto y al último, dado que el segundo sería la «tapia» propiamente dicha. Añaden estos autores además la definición de «calicastrada», variante de la tapia no presente en otros diccionarios.

Quedarían dos términos a los que referirse, ambos muy usados al hablar de este tipo de fábricas. Uno sería «cajón», cuya quinta acepción del mencionado Diccionario de la Real Academia define como «cada uno de los espacios en que queda dividida una tapia o pared por los machones y verdugadas de material

más fuerte». El otro, fruto quizá de hacer de la necesidad virtud, es el de «mampostería encofrada» para referirse a esos paramentos formados a partir de moldes o cofres donde aparte de la tierra aparece el rollo o ripio, entre el mortero fraguado, técnica que diversos autores hacen derivar de la tradición romana.[3]

Para el asunto a tratar en estas páginas se empleará este último término, junto con el de cajón y el de calicanto, entendido como mampostería ordinaria.

La resistencia y solidez de los muros levantados con estos materiales y técnica hicieron que tradicionalmente se empleasen con fines militares, defensivos, así como para obras de infraestructura que necesitasen las mencionadas características. En este sentido, fortificaciones como las presentes en Ayllón, Laguna de Contreras o Coca dan buena muestra de ello. De mampostería se hacían también los muros de las viviendas, uso que ha perdurado en el tiempo, y así, en palabras del profesor Ruiz Hernando (2007, 1: 105),

> El muro de mampostería es igual ahora que entonces, de ahí la dificultad que entraña el estudio de la arquitectura románica civil, a no ser que exista una portada u otro elemento que posibilite su identificación.

Aquí, sin embargo, nos vamos a centrar en su empleo dentro del ámbito de la arquitectura religiosa, tan abundante como ha quedado dicho al comienzo. Sin querer caer en el error que acarrean las generalizaciones, se considera necesario establecer las características del que sería «templo tipo»,[4] el modelo más frecuente y cuya presencia se extiende por la mayor parte del territorio de la diócesis segoviana. Este tendría una nave cubierta con madera y cabecera compuesta de tramo recto y curvo, ambos de menor altura que aquella. La portada se situaría a mediodía, quizá con atrio, y la iluminación la facilitarían los vanos situados en el ábside y el muro occidental. Los paramentos se levantan en humildes fábricas de mampostería o encofrado que posteriormente recibirían el correspondiente enfoscado, empleando materiales más nobles en esquinas, huecos, impostas y cornisas, lugares donde además se ubicaría la ornamentación, de haberla. Estos edificios serían de reducidas dimensiones y su proporción tendería a la horizontalidad, resultando algo chaparros.

La presencia de mampostería encofrada en este modelo se centraría en los muros de caja, ábsides y bóvedas. De especial interés resultan la variedad de disposiciones de las tapias en el muro, dentro siempre de la necesaria regularidad. Del mismo modo queremos llamar la atención sobre los encuentros entre las distintas caras de la caja, especialmente cuando esta carece de esquinales, dando como resultado una suerte de enjarjes a modo de dientes, donde queda de manifiesto la habilidad y conocimiento de sus hacedores al dotar así a los muros de un equilibrio dinámico.



Figura 1
Ermita de San Pedro de la Losa, testimonio que conserva intactas las características del «templo tipo»



Figura 2
Cerca de San Miguel de Bernuy se conserva el conjunto conocido como las «ermitonas», San Martín y San Pedro; allí se encuentran estos singulares paramentos de cajones inclinados y su correspondiente disposición de mechinales

Una peculiar variante de esta albañilería, vinculada a lo que se ha venido conociendo como *aparejo toledano*, se hace frecuente en las tierras que pasaron a jurisdicción segoviana en el s. XIX, después de su secular pertenencia a los dominios abulenses; nos referimos concretamente a las localidades que se incluían en el tercio de La Vega, de la Tierra de Arévalo —sin olvidar las Tierras de Coca y Cuéllar, algo más al norte—. Entre las primeras se cuentan las iglesias de Santo Tomás en Montejo de Arevalo, San Bartolomé en Montuenga, la abadía de Santa María en Párraces, San Pedro en Rapariegos y San Pedro de Tolocirio; y además, en la zona occidental de la provincia, Santa Eugenia en Santovenia, San Juan Bautista en Villagonzalo de Coca, Nuestra Señora de la Asunción en Pinarejos y las torres de Santa Marina y Santa María de la Cuesta en Cuéllar, más la de San Andrés en la capital; si bien el cómputo general de los elementos de esta variante elevaría sin duda el porcentaje mencionado al principio, dada su prolongada pervivencia en el tiempo. En ellas destaca el empleo del ladrillo, situándose en ábsides, naves, portadas y torres, en disposición que no se ve en otros lugares, con la excepción de la iglesia de Santiago, en Sepúlveda, siendo válidas las palabras que Dominica Contreras y López de Ayala (1994, 563) dedica a la arquitectura civil para su descripción:

> El ladrillo se emplea en los ángulos de la construcción en pilares con o sin muescas, para que se trabe mejor con los fondos de relleno. Los pilares o machones se repiten rítmicamente a lo largo de las fachadas, respetando siempre las proporciones generales, tirando a horizontales. Cada cierta altura van dos o tres hiladas de ladrillos llamadas «verdugadas» o «cadenas», lo que pone de manifiesto el carácter netamente popular de estas técnicas.

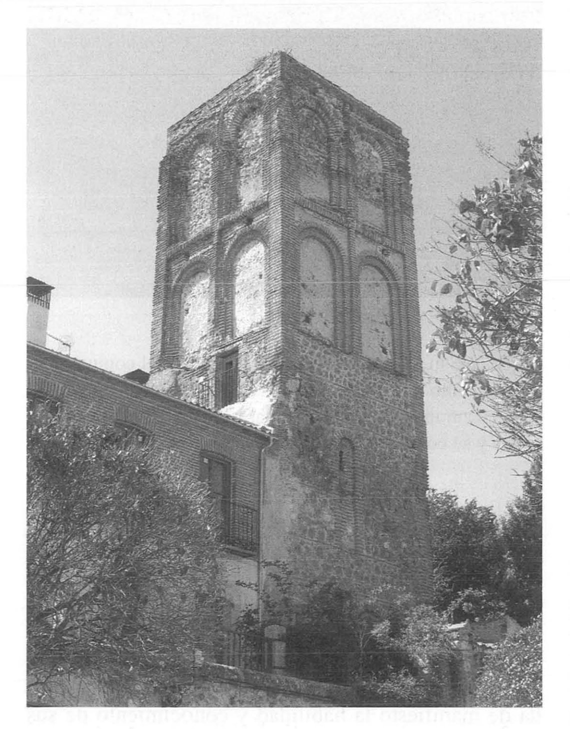


Figura 3
Torre de Santa Marina, Cuellar

Encontramos los edificios construidos con la solución de mampostería encofrada diseminados por casi la totalidad de la provincia, a excepción de la zona noroeste, donde se ubican mayoritariamente los antes citados, allí la norma es la construcción con ladrillo dadas, además, las características geológicas del terreno. La mayor concentración de este grupo aparece en el este de la provincia, en las antiguas comunidades de villa y tierra de Pedraza y Sepúlveda donde se distribuyen las ruinas de Torregil o Torrejil en Gallegos, la ermita de San Pedro en Valdevacas y Guijar, Santa Águeda en Arahuetes, la ermita de Santa Justa y Santa Rufina en Pajares de Pedraza, la de San Nicolás en Barrio de Orejanilla —Orejana—, las ruinas de la ermita de Nuestra Señora en Santa Marta del Cerro, la ermita de Santiago en San Pedro de Gaíllos, San Cristóbal del Enebral en Duruelo, la Virgen de la Calleja en Sebúlcor, las ruinas de San Julián en Castrillo de Sepúlveda y el cuerpo inferior de la torre de Santa María en Pedraza. Un segundo grupo, menos numeroso, se encuentra en las proximidades de la capital y por tanto al sur del anterior. Estaría configurado por las ruinas de la iglesia de la Virgen en Agejas, la nave de San Marcos y la torre de San Millán en Segovia —si bien esta de origen más remoto y sin fábrica de calicanto (Merino de Cáceres 2004)—, quizá San Miguel en Fuentemilanos, la ermita de San Pedro en La Losa y de Nuestra Señora de los Dolores en Quintanar. En el sur se levantan la ermita de San Pedro de Acedos en Muñopedro, San Andrés en el despoblado de Navalpino —Villacastín— y la ermita del Cristo de Lumbreras en Lastras del Pozo. Al norte de los grupos mencionados, ya en las proximida-

des de la vecina provincia de Soria, la ermita de Santiago en Ayllón, y la de Santa María del Casuar en Montejo de la Vega de la Serrezuela, con las que se completaría una faja que recorre de suroeste a noreste los límites provinciales, siguiendo las estribaciones de la sierra de Guadarrama y que constituiría el principal núcleo de expansión para este tipo de fábricas. Más aislados, en el norte, quedan los muros de caja de la nave de la expoliada San Martín en Fuentidueña, los de las «ermitonas» —San Martín y San Pedro— y el palacio civil, en ambas orillas del pantano de Las Vencías, cerca de San Miguel de Bernuy y los de San Miguel en Sacramenia. Por último, en el centro de la provincia, en la llanura, y de norte a sur encontramos los restos de San Cebrián en Fuentepelayo, los de la ermita de San Miguel de Quintanar en Carbonero el Mayor, los de la ermita de Pinillos en Armuña y los de la del Cerro del Águila en Balisa.

La cronología de estos edificios es difícil de precisar dadas las limitaciones que para ello ofrece un sistema constructivo con tan larga tradición y basado en la mampostería, a lo que se une el estado de ruina de la mayor parte de las fábricas y la ausencia o austeridad de los motivos decorativos. No obstante, como ya adelantara Ruiz Hernando (1988), en todos los casos nos movemos en unos márgenes de fechas que no excederán los siglos XII y XIII. Apoya sus propuestas cronológicas la codificación del oficio de tapiador expuesta por el ya mencionado Garín (1996), quien lo muestra presente al menos desde el siglo XIII en los fueros de distintas localidades castellanas y que creemos que en poco diferirían para el caso de la actual provincia de Segovia. Así las cosas, hemos de guiarnos a la hora de proponer una cronología por referencias a elementos secundarios piezas decorativas u otras partes de los edificios con lo que de inestable pueda tener a veces.

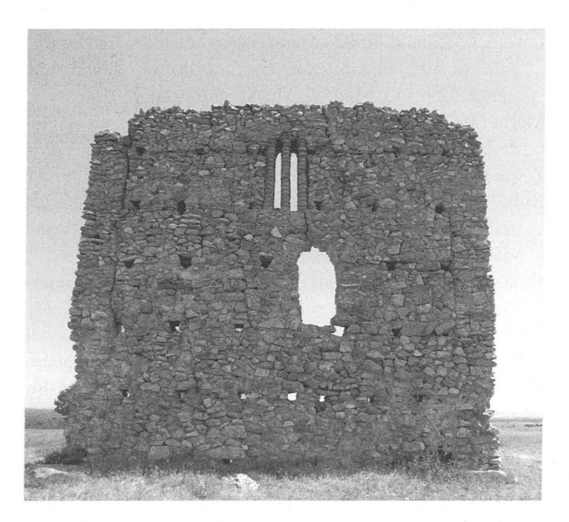


Figura 4
Fachada imafronte de la ermita de San Cebrián (Fuentepelayo), con fábrica de mampostería encofrada y esquinales trabados a modo de dientes

Exceptuada la torre de San Millán de Segovia, que es caso aparte, las primeras referencias a este tipo de construcciones parten de edificios del norte de la provincia y de los primeros años del siglo XII. Entonces se debieron construir la ermita de Santa María del Casuar y los edificios de San Miguel de Bernuy ya que el despoblado al que pertenecían se cita por vez primera en 1123. Sin embargo, son estas fechas tempranas dentro de las que se estiman para la gran mayoría de estos edificios. En su mayor parte se debieron construir entre mediados del siglo XII y mediados del XIII, coincidiendo con el auge constructivo general que se desarrollaba en la provincia, aunque en algunos casos se rebasaran estas fechas como pudo ser en el de la ermita de San Pedro de La Losa cuya construcción se debió retrasar hasta el tercer cuarto del siglo.

Fechas similares son las que se aceptan para el grupo de iglesias sorianas en cuya fábrica se emplea el mismo sistema constructivo de mampostería encofrada y por tanto hemos de relacionar con las segovianas. En este caso la solución hizo fortuna sobre todo en la capital, donde se encuentran ejemplos de este tipo de construcción en algunos tramos de la muralla, la iglesia del monasterio de San Juan de Duero, en San Agustín el Viejo y en los ya escasos vestigios de San Ginés. En la provincia, la mayor parte de estos templos se encuentran en su mitad meridional, la más cercana a Segovia, y en el entorno de Soria. Allí se levantan la antigua iglesia de Santiago y la ermita de San Miguel en Gormaz, Santo Tomás Apóstol en Mosarejos, San Juan Bautista en Galapagares, Nuestra Señora de la Asunción en Fuentelárbol, Santa María la Antigua en Villaseca de Arciel y Nuestra Señora de las Nieves en Velilla de la Sierra. Disgregada del resto del grupo queda la iglesia de la villa antigua de Ucero en el oeste de la provincia, en las proximidades del Cañón del Río Lobos.

Conclusiones

Si bien es cierto que cada caso es de por sí particular, en el territorio de la diócesis segoviana se dan las condiciones para considerarle ejemplo de tipologías de fábricas medievales, tanto por lo cuantitativo como por lo cualitativo.

La distribución y frecuencia de estas fábricas en el espacio geográfico nos llevan a establecer dos grandes líneas de influencia. De un lado una corriente septentrional, con testimonios que deben vincularse con lo soriano y lo burgalés. De otra, aquellos ejemplos que se conectan más con los obispados de Valladolid y Ávila, formalmente relacionados con lo toledano —si bien consideramos necesario realizar una revisión del sentido en que se recibe esta influencia—.

Con el material documental disponible hasta ahora, la precisión cronológica debe circunscribirse —salvo excepciones contadas— a fechas límite tan genéricas como la conquista de Segovia y el elenco de parroquias elaborado por el cardenal Gil de Torres, esto es, entre alrededor de 1100 y 1247.

Ante la falta de precisión terminológica a la hora de hablar de ciertos aspectos técnicos, sería de utilidad sentar las bases para elaborar un *corpus* unificado de términos de general manejo.

Notas

1. Se da la particular situación de contar Segovia con un sinónimo de uso coloquial para este concepto, «adral».
2. Estos autores dieron por zanjada la cuestión al afirmar, «En resumen, reiteramos que la tapia es todo muro realizado con una horma denominada tapial (. . .). Se trataría de llegar, con cuarenta años de retraso, allí donde ya estaba Leopoldo Torres Balbás, el cual denominaba tapial al molde y tapia a todo muro que se construyese con tapiales».
3. De «auténtico opus caementicium» lo califica Jaime Nuño González para ejemplos de iglesias románicas sorianas (AA. VV. 2002 3:1050)
4. Con tanta precisión como acierto, este modelo ha quedado caracterizado en las páginas que sobre este particular ha publicado J. A. RUIZ HERNANDO, dentro de la obra citada anteriormente (2007 1: 49–88); páginas a las que remitimos al lector interesado.

Lista de referencias

AA. VV. 2002. *Enciclopedia del Románico en Castilla y León. Soria*, 3 vols., Aguilar de Campoo: Fundación Santa María la Real-Centro de Estudios del Románico.

AA. VV. 2007. *Enciclopedia del Románico en Castilla y León. Segovia*, 3 vols., Aguilar de Campoo: Fundación Santa María la Real-Centro de Estudios del Románico.

Algorri García, Eloy y Vázquez Espí, Mariano. 1996. Enmienda a dos de los errores más comunes sobre el tapial. En: *Actas del I Congreso de Historia de la Construcción*, 19–23, Madrid.

Contreras y López de Ayala, Dominica. 1994. La arquitectura rural en la provincia de Segovia. *Estudios Segovianos*, 35, 91: 560–604.

De Hoz Onrubia, Jaime, Maldonado Ramos, Luis y Vela Cossío, Fernando. 2003. *Diccionario de construcción tradicional. Tierra*, San Sebastián, Editorial Nerea.

Eslava Galán, Juan. 1984. Materiales y técnicas constructivas en la fortificación bajomedieval. *Cuadernos de Estudios Medievales,* 12–13: 271–278.

Eslava Galán, Juan. 1989. Fortificaciones de tapial en Al-Andalus y Al-Magreb. *Castillos de España,* 98: 52–55.

Garín, Alberto. 1996. Los oficios de la construcción en los fueros castellano leoneses medievales. *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando,* 82: 379–400.

Gracia Alonso, Francisco y Munilla, Gloria. 2004. *Protohistoria. Pueblos y culturas en el Mediterráneo entre los siglos XIV a II a. C.*, Barcelona: Universitat de Barcelona.

Lewcock, Ronald. 1985. Materiales y técnicas. En *La arquitectura del mundo islámico. Su historia y significado social*, 129–143, Madrid: Alianza Editorial.

Merino de Cáceres, José Miguel. 2004. La torre mozárabe de la iglesia de San Millán de Segovia. *Estudios Segovianos,* 97: 19–41.

Ruiz Hernando, José Antonio. 1988. *La arquitectura de ladrillo en la provincia de Segovia siglos XII-XIII.* Segovia: Diputación Provincial de Segovia.

Ruiz Hernando, José Antonio. 2007. El románico en Segovia. En *Enciclopedia del Románico en Castilla y León. Segovia.* Vol. I, 49–88, Aguilar de Campoo: Fundación Santa María la Real-Centro de Estudios del Románico.

Ruiz Hernando, José Antonio. 2007. El románico civil. En *Enciclopedia del Románico en Castilla y León. Segovia.* Vol I, 89–201, Aguilar de Campoo: Fundación Santa María la Real-Centro de Estudios del Románico.

Zamora Canellada, Alonso y Vela Cossío, Fernando. 2005. Paramentos de fortificaciones en la Segovia prerrománica (siglos VII al XI). En *Actas del IV Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Vol. 2, 1137–1154, Madrid.

Las reglas estructurales del gótico tardío alemán

Santiago Huerta

La enorme riqueza de los procedimientos geométricos góticos aplicados a los aspectos técnicos del proyecto medieval es un descubrimiento relativamente reciente. En 1949, Straub afirmaba en su libro sobre historia de la ingeniería: « . . . las fórmulas y las reglas geométricas y aritméticas de construcción, fruto de la experiencia práctica de las logias y gremios [medievales], y que se transmitían de maestro a maestro, trataban principalmente problemas sobre la forma y la composición, y no tenían nada que ver con la ciencia de la ingeniería propiamente dicha . . . ». (Straub 1952 [1949]). En la segunda mitad del siglo XX, los estudios de Frankl (1945, 1960), Ackerman (1949), Shelby (1962, 1969, 1971, 1972), Bucher (1968, 1972) y, sobre todo, de Müller (1990), que incluye una bibliografía completa sobre el tema, han puesto de manifiesto que los constructores góticos empleaban también la geometría aplicándola a casos prácticos de replanteo y construcción. Por otra parte, Binding (1972, 1987) ha realizado un valioso inventario de ilustraciones en fuentes medievales y ha estudiado la organización de la construcción gótica (Binding 1993).

Sin embargo, sobre el proyecto estructural, esto es a la forma en que se decidían las dimensiones de los distintos elementos estructurales, apenas se han realizado estudios en los últimos decenios. Al asunto preocupó, como es lógico, a los autores que escribieron manuales de construcción gótica en la segunda mitad del siglo XIX y los manuales de Hoffstadt (1840, 1851) y de Ungewitter (1859, 1890) recogen reglas estructurales medievales. Estas reglas fueron consideradas, en general, como esencialmente incorrectas, tanto por los ingenieros de la época como por la mayor parte de la historiografía contemporánea. Se consideraba un axioma que era imposible un cálculo estructural correcto sin el conocimiento de las leyes de la estática y de la resistencia de materiales. Dado que la ciencia de las estructuras nace con los trabajos de Galileo, era evidente que las reglas medievales debían ser incorrectas. Parsons

(1939) resume la actitud más común sobre el proyecto estructural antes del desarrollo de la ciencia de las estructuras: «No había medios para ensayar los materiales . . . [y] por consiguiente el proyectista no podía estimar la resistencia de los distintos elementos; tampoco disponía de una teoría que le permitiera calcular el esfuerzo que dichos elementos debían resistir. Había, por tanto, un círculo vicioso de ignorancia que permaneció cerrado hasta que Galileo lo cortó». Esta idea negativa ha influido, sin duda, en la escasez de estudios sobre los métodos empleados por los maestros medievales para proyectar sus estructuras.[1]

No obstante, ciertamente hubo una «scientia» medieval de las estructuras, un conjunto de conocimientos que no sólo permitía trazar los edificios con la seguridad, de manera que descimbradas las bóvedas permanecieran en pie durante siglos, sino que establecía un orden seguro del proceso constructivo que garantizaba que la estructura estuviera en equilibrio estable en cada una de las etapas de la construcción.

Por supuesto, esta ciencia no estaba basada en las leyes del equilibrio de la estática y la resistencia de materiales, como la moderna ciencia de las estructuras. Pero si hemos de juzgarla por sus frutos, las catedrales e iglesias góticas que todavía hoy nos llenan de admiración, habremos de concluir que la ciencia medieval de las estructuras era esencialmente correcta y se tenía que basar en premisas ciertas.

Esta comunicación pretende acercar al lector actual al mundo del proyecto medieval de estructuras, a través de las reglas estructurales transmitidas en los tratados de arquitectura del gótico tardío alemán.[2]

Reglas en tratados del gótico tardío alemán

Han llegado hasta nosotros unos pocos manuscritos y tratados impresos del gótico tardío alemán. Coenen (1990) ha publicado un estudio específico sobre este tipo de literatura y su libro incluye, además, la primera transcripción diplomática de todos ellos (hasta entonces sólo se habían publicado de forma parcial en fuentes dispersas). Así, apenas hace un decenio que esta información esta al alcance de los estudiosos de una manera manejable.

Coenen llama a estos textos «Werkmeisterbücher» (libros de los maestros de obras) y cita seis de ellos:[3] las *Unterweisungen* (Instrucciones) de Lorenz Lechler, *Von des Chores Maß und Gerechtigkeit* (Sobre la medida y proporción del coro), *Wiener Werkmeisterbuch* (El tratado de Viena), *Geometria Deutsch* de Matthäus Roriczer, *Das Buchlein von der Fialen Gerechtigkeit* (Cuaderno sobre la traza y proporción de los pináculos) de Matthäus Roriczer, y el *Fialenbüchlein* (Cuaderno de los pináculos) de Hans Schuttermayer.

Coenen distingue entre dos tipos: los tres primeros son verdaderos Tratados de Arquitectura, que se ocupan de todos los aspectos del proyecto de una iglesia gótica (desde la traza general y disposición hasta el diseño de los elementos decorativos y estructurales); los otros son manuales sobre temas específicos dentro del proyecto de una iglesia. Sólo los tratados contienen reglas y observaciones sobre el proyecto de elementos estructurales. Si bien Coenen ha analizado su contenido y los ha transcrito, está todavía por hacer una edición crítica. Los aspectos estructurales del manuscrito de Lechler han sido tratados por Shelby y Mark (1979).

Los tres tratados no presentan una estructura clara, dividida en capítulos según un plan de exposición determinado. Más bien se trata de una sucesión de instrucciones, a veces relacionadas con un tema, y otras saltando de un tema a otro sin ninguna relación. Coenen sitúa esta forma de exposición dentro de la tradición medieval de los libros de consejos o recetas. En ellos el autor se dirige al lector como si estuviera hablando con él y cada nueva receta o consejo empieza con la palabra latina *Item* (en castellano tiene el mismo uso). Así empieza por ejemplo su consejo sobre los gabletes: «Ítem, aquí te enseñaré, e instruiré, cómo debes hacer un gablete . . . ».[4] Como ocurre en una conversación el énfasis se obtiene mediante la repetición y las reglas o recetas más importantes aparecen repetidas en varios lugares.

El estudio de los tres tratados da una idea bastante precisa del proceso de proyecto de los arquitectos del gótico tardío alemán. Hay una idea, muy extendida, de que el proyecto gótico se basa en un empleo de construcciones geométricas que permitirían realizar el proyecto desde sus trazas generales hasta los más mínimos detalles de la decoración.[5] El contenido de los tratados desmiente esta imagen. Las dimensiones generales, alturas y tamaño de los elementos principales se obtienen mediante relaciones aritméticas simples, a partir de una medida base: la luz del coro (el coro en el gótico alemán está situado en la cabecera de la iglesia).

La descripción del proceso aparece al comienzo de *La medida del coro*: «El edificio tiene reglas precisas y sus partes están regladas, de manera que todos los elementos se relacionan con el edificio completo y el edificio completo se relaciona con cada uno de sus elementos. El Coro es el fundamento y el origen de todas las reglas, y a partir de su vano se obtiene no sólo el espesor de la pared que lo encierra, de sus estribos y el ancho de sus ventanas, sino también a partir del espesor de su pared se obtendrán todas las plantillas de las impostas y de todos los elementos de la obra».[6]

En efecto, todas las medidas del proyecto se obtienen a partir de la luz o vano del coro. Las dimensiones generales son múltiplos o fracciones simples de este gran módulo. A partir de él obtiene otro módulo más pequeño, el espesor de la pared del coro (1/10 de la luz del coro), que le sirve de base para proyectar otros elementos más pequeños: los estribos, las distintas impostas, los maineles de las ventanas y los

nervios de las bóvedas. Repasaremos a continuación las reglas estructurales.

Pared del coro

El espesor de la pared del coro se obtiene en los tres tratados como una fracción de la luz del coro: la pared tendrá 1/10 de la luz. Esta medida sirve para dimensionar otros elementos decorativos o estructurales, figura 1.

Así en *Medida del coro* dice: «Si el coro ha de tener 20 pies de luz, se hará su pared de 2 pies de espesor; si tiene 30 pies de luz, de 3 pies de espesor.»[7] Lechler da unas instrucciones más completas, matizando el valor de 1/10 en función de la calidad de la fábrica: «Si un coro tiene 20 pies de luz y la piedra es buena, entonces haz la pared de dos pies de espesor. Si el coro está hecho de muy buena piedra bien labrada quítale 3 pulgadas; si la piedra es regular añádele 3 pulgadas.».[8] Lechler repite la regla un poco más adelante: «Un coro de 30 pies de luz, la pared de 3 pies de espesor.»

En otro lugar de las *Instrucciones* Lechler propone otra regla que conduce a un muro más delgado de 1/15 de la luz de espesor: «Quien quiera trazar bien un coro, divida la luz en tres partes, y una de estas partes en cinco partes, y tanto como de grueso tiene una de ellas se le de al muro del coro.»[9]

Lechler aplica también la regla de 1/10 de la luz a la hora de calcular el espesor de las paredes de otros cuerpos del edificio: «Quien quiera trazar una buena fábrica, debe dividirla en 10 partes y tan grueso como una de ellas será el muro».[10] De nuevo la regla se repite casi con las mismas palabras un poco más adelante.

Según las *Instrucciones* el muro disminuye de espesor con la altura: «Quien quiera hacer un Coro le dará en el cimiento cinco pies, y cuando sale de la tierra le quitará un pie, y cuando llegue a la imposta de las ventanas le quitará un pie y medio.»[11] Esto es, si consideramos un coro de 40 pies de luz que tendrá un muro de cuatro pies de espesor:

- a la cimentación se le dará 3 más, esto es 1/8 de la luz.
- por encima de la imposta de las ventanas se reducirá el espesor a 5/8 del espesor en la base, esto es, 1/16 de la luz (la mitad del cimiento).

En el *Tratado de Viena* se repite la regla general de 1/10 de la luz para el espesor de la pared muro de cualquier cuerpo del edificio. Asimismo se prevé un incremento del espesor cuando la fábrica es de peor calidad.[12]

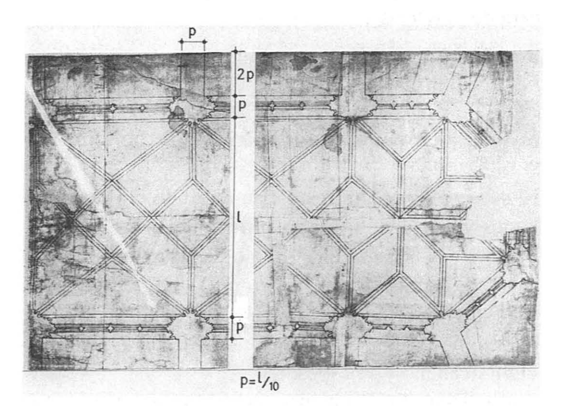


Figura 1
En el gótico tardío alemán se empleaba la luz del coro como módulo grande para fijar las dimensiones básicas del edificio. El espesor de la pared del coro, la décima parte de la luz, servía como módulo pequeño para obtener los elementos estructurales: en la figura la salida y el ancho del contrafuerte se obtienen a partir de la pared. (dibujado sobre una traza de la Wiener Sammlung, Koepf 1969)

Pared de las naves central y laterales

En cuanto al espesor de la pared de la nave central, tanto en las *Instrucciones* como en la *Medida del coro* se da un espesor que se obtiene a partir del espesor del muro del coro, esto es, no tiene por qué coincidir. (Sin embargo, en el *Tratado de Viena* la regla se aplica a todos los muros.)

Lechler da dos reglas distintas. En una parte del manuscrito dice que los muros de la nave central y del coro han de tener el mismo espesor: «El mismo espesor que tiene el muro en la nave lo tendrá en el coro.»[13] Pero en otro lugar da una regla más elaborada que consiste en una construcción geométrica según la cual (y en términos modernos) el espesor de la nave es la diagonal de un cuadrado de lado el espesor de la pared del coro, esto es, $\sqrt{2}$ (1,41) veces: «Quien quiera dar a la pared de la nave mayor la justa medida, tome el espesor del coro por sí, y trace un

cuadrado, y en medio del cuadrado, coloca el compás, con un punto dentro, y abre el compás de modo que el cuadrado quede dentro, y traza un círculo, y sobre él, traza otro cuadrado, y este es el justo espesor de la pared de la nave mayor.»[14]

En *La medida del coro* aparece una regla distinta, expresada de forma confusa.: «La nave mayor se rige, con sus pilares, por la del Coro, y si se hicieran ambas de la misma luz, entonces, los pilares con la pared del Coro —aunque ambos en un espesor— no van en la misma línea de la luz, sino que resaltan como los tres lados de su forma octoganal.»[15]

Coenen interpreta que el espesor de la pared del Coro en relación con el diamétro del pilar está en la proporción $1:(1+\sqrt{2}) = 1:2{,}41$. según esta interpretación el muro de la nave sale desproporcionadamente grueso. Otra interpretación posible sería la siguiente:

1) la pared y el pilar de la nave mayor tienen el mismo espesor (de hecho no podría ser de otra manera pues los pilares soportan la pared).
2) el pilar es de sección octogonal; se construye un octógono dentro del espesor de la pared del coro. Tres lados de ese octógono nos dan el espesor de la pared de la nave mayor. En este caso la relación geométrica es:
pared del coro: diámetro del pilar: $3:(1+\sqrt{2}) = 1:1{,}25$

Este resultado es más acorde con lo que puede observarse en las plantas de edificios construidos o en las trazas coetáneas.

Los muros de las naves laterales son, a su vez, función del muro del coro o del de la nave central. En el *Tratado de Viena* como se ha visto no se hace distinción y todos los muros han de tener 1/10 de la luz. Las *Instruicciones* de Lechler dedican un párrafo: «El espesor de la pared, de la nave lateral, se debe hacer de dos pies, pero si el arquitecto desconfía de la fabrica, toma la mitad del muro de la nave mayor y añádeselo a las laterales.»[16] Implícitamente Lechler se refiere a una nave de 20 pies y aplica la regla de $L/10$. Si la fábrica es de regular calidad se añadiría a esta cantidad la mitad del espesor calculado de la nave mayor.

Finalmente, en la *Medida del Coro* se establece que el muro de las naves laterales debe ser 1/3 más grueso que el del coro, dado que la nave mayor tiene

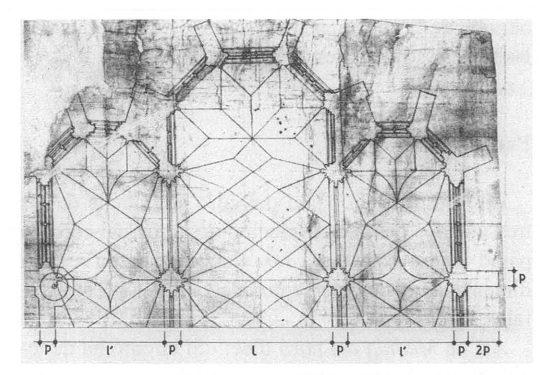


Figura 2
Para obtener el espesor del muro de las naves central y laterales hay diversidad de reglas, pudiendo ser igual o mayor que la pared del coro. Según el *Tratado de Viena* se le da un décimo de la luz de la nave central a ambos, como puede verse en la traza. La salida y ancho del contrafuerte se calculan a partir de la pared. Nótese que los maineles de las ventanas tienen 1/3 del espesor de la pared. (Wiener Sammlung, Koepf 1969)

más «Spannung». Este término es difícil de traducir: puede significar luz (de la nave en cuestión) o empuje. En esta segunda hipótesis el texto se podría traducir así: «Dado que las naves laterales reciben un mayor empuje que las del coro, la pared que rodea el cuerpo central debe ser 1/3 más gruesa que la pared del Coro.»[17]

Sistema de contrarresto: Estribos y arbotantes

El sistema de contrarresto está formado por los arbotantes y estribos. Sobre los arbotantes no se encuentran reglas estructurales y sólo se mencionan en las *Instrucciones* y en el *Tratado de Viena.*[18] En los tres tratados los estribos se calculan a partir del espesor de los muros. Para calcular un estribo es preciso decidir su ancho y su espesor.

Para el ancho Lechler toma el mismo espesor de la pared del coro, si bien éste se pude reducir por encima de la imposta del zócalo: «Un coro de 30 pies de luz, la pared con contrafuertes, éstos tienen 3 pies de ancho, 2 pies por encima de la imposta del zócalo».[19]

El espesor del estribo se define a partir de lo que sobresale del muro. Este saliente será, según los tres tratados, el doble de su ancho, esto es, el doble de la

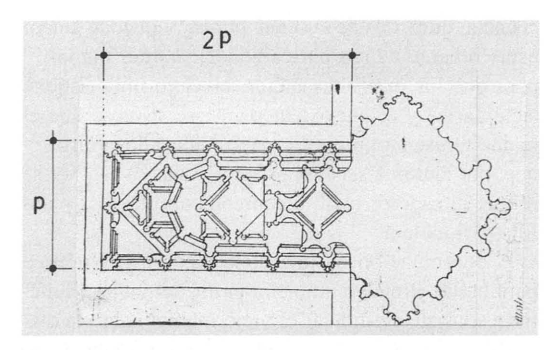


Figura 3
Dibujo de un contrafuerte, perteneciente a la Wiener Sammlung (Koepf 1969). Las proporciones entre salida y ancho coinciden con la regla más citada por Lechler: la salida será el doble del ancho

pared del coro. Así, Lechler dice: «Y tanto como tenga de grueso, se de el doble al largo.»[20] Y más adelante: «y tan ancho como sea el contrafuerte, dos veces, esto es de largo, le pertenecen a este contrafuerte, en el coro, o donde corresponda.»[21]

En la *Medida del Coro* se da la misma regla: «Su espesor será dos veces su ancho.»[22] Finalmente, en el *Tratado de Viena* se expresa la misma regla de la siguiente manera: «tan ancho como es, dos veces, debe ser de largo y el estribo pertenece al coro.»[23]

En cuanto a los estribos de las otras naves, en el *Tratado de Viena* no se distingue entre los del coro o de las naves. En la *Medida del coro* se dice que en ambos casos son iguales. Por el contrario, Lechler da una regla específica para calcular los contrafuertes de las naves laterales: «los estribos, que allí están, en las naves laterales, se deben tomar, a partir del espesor de la pared de la nave central, desde el centro la misma longitud, para los estribos de las laterales, y los pilares tendrán el mismo espesor que la pared de la nave central».[24] Dado que en otra parte ha obtenido el espesor de la pared de la nave central como $\sqrt{2}$ veces el espesor de la pared del coro, el saliente será $\sqrt{2}$ el ancho.[25]

Resumiendo, como regla general el estribo del coro deberá tener un espesor de tres veces el grueso de la pared (1/10 de la luz libre). Su ancho será igual al espesor de la pared, figura 3. Esta dimensión del estribo en función de la luz es, pues, de $d = 3\ e = 3\ (l/10) = l/3{,}33$ (en la base), donde e es el espesor de la pared del coro y l es la luz del coro. Como se ha visto esta dimensión básica se podía aumentar o disminuir en función de la calidad de la piedra y además, la sección del estribo se reduce en altura formando retallos.

La regla sobre los estribos del coro aparece citada varias veces en los tres tratados y esto implica que era considerada de gran importancia. Por otro lado, las proporciones que da la regla pueden encontrarse en muchas iglesias de este periodo y, también, en algunas de la antiguas trazas góticas que han llegado hasta nosotros.

La regla para las naves laterales conduce a un estribo más esbelto: $d = e\ (1+\sqrt{2}) = l/4{,}14$. A pesar de la disparidad ambas reglas podrían ser equivalentes si la última regla midiera el espesor del estribo, no en la base como especifica Lechler para los estribos del coro, sino en el arranque de la bóveda, o si el espesor de la pared fuera mayor. En los manuscritos de la Wiener Sammlung pueden encontrarse también trazas que cumplen esta regla, figura 4.

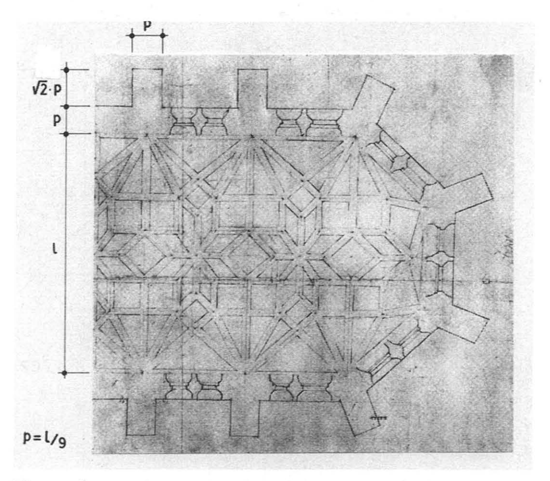


Figura 4
Relación entre muro y estribo superpuesta sobre una traza gótica de la Wiener Sammlung (Koepf 1969). El saliente del contrafuerte es la diagonal de un cuadrado de lado el espesor de la pared. En este caso el muro es más grueso, muy aproximadamente de 1/9 de la luz

Maineles de las ventanas

Lechler dedica considerable atención al proyecto de los maineles de las ventanas. Los grandes ventana-

les y rosetones del gótico presentan, en efecto, un delicado problema estructural, que ha sido tratado raras veces,[26] por este motivo y por su relación con el cálculo de los nervios de las bóvedas se estudiará aquí.

El parámetro principal es el cálculo de las dimensiones principales de la sección del mainel, espesor y ancho, y éstas se obtienen a partir del espesor de la pared del coro. El «viejo mainel» (alt Pfosten) tiene 1/3 de la pared y el «nuevo mainel» (Iungen Pfosten) 5/7 del viejo: «Toma el espesor de la pared del coro, y ya sea en pequeño o en grande, traza dos cuadrados cruzados, y en ellos encontrarás todas las plantillas, como están trazadas en este libro en un gran cuadrado para que las entiendas mejor, por eso las he trazado en este libro junto a lo escrito. Después, divide el espesor de la pared del coro en tres partes y toma una de ellas, y divide después esta parte en siete partes, este es el viejo mainel para todos los edificios. Pero si quieres hacer un mainel nuevo, que se usa con frecuencia, quita dos de las siete partes, y quedan cinco; estas mismas cinco partes son el mainel nuevo, y para que los entiendas mejor, el viejo mainel tiene siete partes y el nuevo cinco . . . »[27] Nótese que el mainel presenta un resalto para colocar los vidrios y que, por tanto, la sección es asimétrica. El espesor se refiere al espesor total, comprendiendo las dos plantillas del mainel.

A continuación da una construcción geométrica para hallar el nuevo mainel a partir del viejo. El método consiste en dibujar el viejo mainel sobre la diagonal de un cuadrado y luego inscribir otro cuadrado girado; la diagonal de este segundo cuadrado da el espesor del nuevo mainel: « . . . y si quieres sacar el

Figura 5
Los maestros góticos obtenían las plantillas de los nervios, maineles e impostas, a partir de un módulo, el espesor de la pared del coro: *Arriba*, cuadrado de lado la pared del coro, dividido en nueve cuadrados iguales. *Abajo*, cuadrado central (girado 45°) de la figura anterior en el que se da la construcción geométrica, ad quadratum, para obtener las plantillas del «viejo mainel» y del «nuevo mainel». (Lechler 1516)

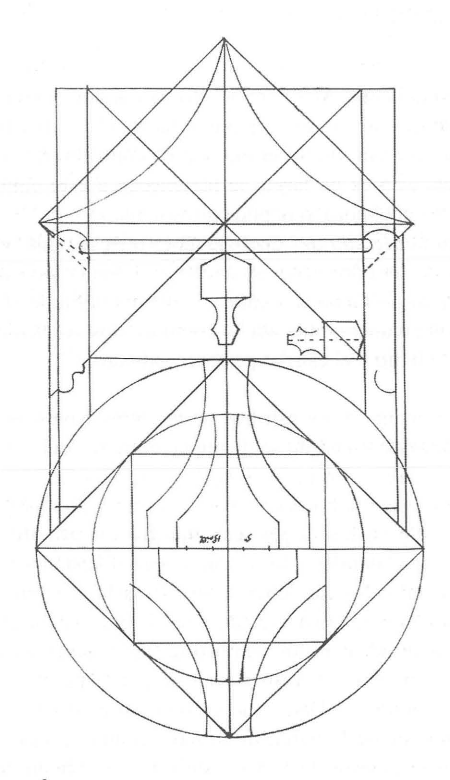


Figura 6
Plantillas para maineles «viejos» y «nuevos». El doble cuadrado representa 1/3 de la pared del coro. Como es habitual en el gótico hay varias trazas superpuestas. En la parte superior plantillas de nervios de 1/3 de espesor de la pared. En la parte inferior construcción ad quadratum para obtener el mainel nuevo a partir del viejo; es equivalente a la construcción de la figura 5. (Lechler 1516)

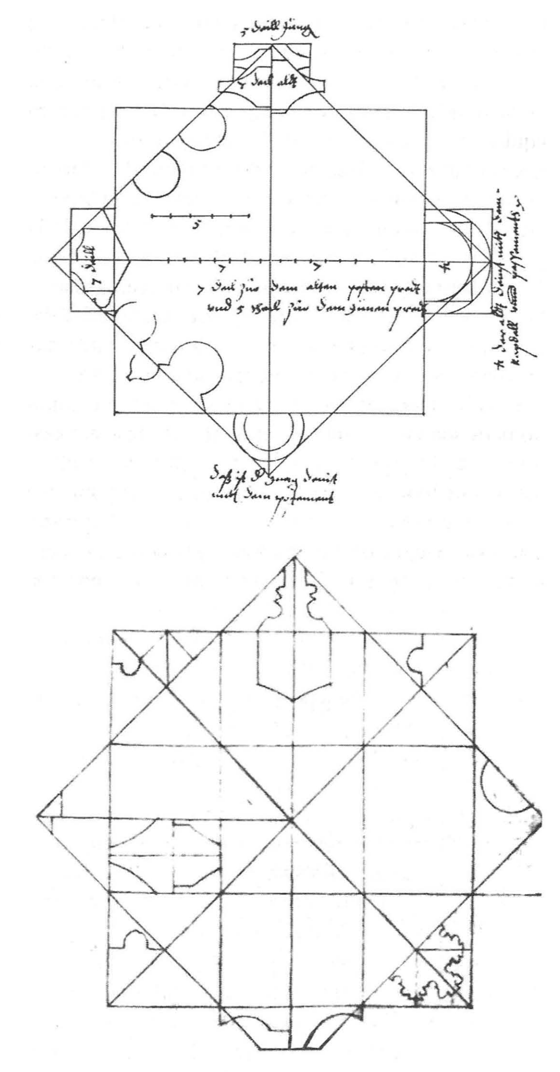


Figura 7
Aplicación del método *ad quadratum* para obtener las plantillas de maineles y nervios: (a) dibujo del manuscrito de Lechler; (b) traza de la Wiener Sammlung, (Koepf 1969)

mainel nuevo a partir del viejo, una vez que hayas dividido el cuadrado en tres partes, dibuja otros dos cuadrados cruzados y así tendrás el ancho y el largo.»[28] La construcción geométrica aparece en varios dibujos del manuscrito, figuras 5, 6 y 8. La relación geométrica de $\sqrt{2}$ a 1, se aproxima a la aritmética anterior de 7 a 5; el error, de poco más de 1%, resulta irrelevante a efectos prácticos.

La regla emplea la técnica *ad quadratum* de girar e inscribir cuadrados, pero no de forma consistente. Se parte, en efecto, de un cuadrado de lado el espesor de la pared del coro, pero la dimensión principal del mainel, su espesor, es una fracción entera de dicho lado: 1/3. Dividiendo cada lado en tres partes y trazando rectas perpendiculares el cuadrado queda dividido en nueve, pero las intersecciones de los cuadrados no coinciden (fig. 7a). Es sobre el cuadrado central sobre el que se aplica la técnica *ad quadratum* para sacar los anchos y el nuevo mainel.

Si se consideraran las divisiones producidas por el primer giro, los lados del cuadrado quedarían divididos en partes desiguales (fig. 7b). La parte pequeña supondría 3/10 y la grande, central 2/5, aproximadamente. Así, el espesor del mainel «viejo» considerando el cuadrado central sería de *l*/24, siendo *l* la luz de la nave. Si se considera la parte pequeña el espesor del mainel sería de *l*/34.

Nervios de las bóvedas

Una bóveda gótica se compone de nervios, claves y plementería. Los tratados alemanes sólo mencionan los nervios. En la *Medida del coro* y en las *Instrucciones* se dedica bastante atención a la montea y a la traza de los nervios de las bóvedas, pero la ausencia de figuras hace que su interpretación sea difícil.[29] En cuanto a su forma geométrica, sólo hablan de los nervios cruceros, que deben ser de medio punto.[30]

En las *Instrucciones* se dan distintas reglas para las plantillas de los nervios. Como antes, las plantillas se obtienen a partir del espesor de la pared del coro. Lechler trata el tema en distintas partes de su tratado. Una primera regla para obtener el espesor de la plantilla del arco crucero es que debe ser la sexta parte de la pared del coro: «Si quieres obtener la plantilla del arco crucero, divide el espesor de la pared en seis partes y toma un de ellas, esta la plantilla del arco crucero, y así como sea de larga, su ancho será la mitad.»[31]

Si esta regla se refiere al espesor total del nervio da cantidades demasiado pequeñas: Para un coro de 30 pies, con una pared de 3 pies (*l*/10), el arco cruce-

ro tendría un espesor de 2 pie (l/60, unos 15 cm) y esto es, evidentemente, demasiado poco.[32] En este caso Lechler al decir «plantilla» se debe referir a la parte moldurada del nervio. Si esto es así, el nervio tendría un espesor de 1/3 de la pared ó 1/30 de la luz, que da valores razonables. En otra parte del manuscrito trata de nuevo el tema, confirmando esta hipótesis: «Quien lo quiera hacer a partir del espesor de la pared, que cruce un cuadrado dentro de otro, y divida ese mismo cuadrado, en pequeño, en tres partes, y tan grande como una de ellas es, así de grande, debe ser la plantilla del arco crucero, en lo largo, y tan largo como es, debe tener la mitad de ancho.»[33]

Lechler advierte que la regla se refiere al «gran arco crucero» (Großkreuzbogen) que se usaba en épocas anteriores cuando había piedra suficiente y que en su época se debía usar el «pequeño arco crucero» (klein Kreuzbogen), salvo cuando la bóveda fuera de grandes dimensiones. El espesor del pequeño arco crucero es 5/6 el espesor del grande: « . . . este es el gran arco crucero que usaron nuestros Antepasados, porque tenían suficiente piedra, pero hoy día se debe tener mucha más consideración, por eso debes usar el pequeño arco crucero, salvo cuando tengas que construir una gran bóveda, . . . por tanto divide el gran arco crucero en seis partes y toma cinco para el pequeño arco crucero».[34]

En una de las ilustraciones del manuscrito (fig. 6 más arriba) pueden verse dibujados dos nervios dentro de un cuadrado. Si el lado de este cuadrado es el espesor de la pared del coro, midiendo sobre el dibujo puede comprobarse que el espesor del nervio grande es 1/3 de dicho lado, y el espesor del pequeño es 5/6 el del grande. Además, la parte moldurada de los nervios es la mitad de su espesor e igual a su ancho. El dibujo confirma las interpretaciones anteriores.

Lechler trata de nuevo el proyecto de los nervios por referencia a los maineles de las ventanas, y da regla para obtener el espesor de los arcos perpiaños a partir de los cruceros, para la nave central y las laterales: «los arcos cruceros . . . deben tener el tamaño de los maineles, y los arcos perpiaños, deben tener, el espesor del largo de los maineles, y los arcos cruceros de la nave mayor, deben ser tan grandes, como los arcos perpiaños de la nave lateral, y los arcos perpiaños de la nave mayor, deben ser un tercio más grandes que los arcos cruceros de la nave mayor.»[35]

Por tanto, en la nave mayor el crucero debe tener el mismo espesor que los maineles, l/30 siendo l la luz de la nave mayor, y el perpiaño un tercio más $(4/3)(l/30) = l/22{,}5$. En la nave lateral el perpiaño tendrá el espesor del crucero de la mayor. No se da regla para el crucero de la nave lateral. Resumimos lo anterior en la siguiente tabla:

Tabla 1
Espesores de los arcos cruceros y perpiaños en función de la luz (l) de la nave central.

	arco crucero	arco perpiaño
nave mayor	l/30	l/22,5
nave lateral	—	l/30

Es interesante que se dé más sección a los nervios perpiaños que a los cruceros, cuando son éstos los que «soportan» el peso de la bóveda transmitiéndolo a los estribos, bien directamente o a través de los arbotantes. Rodrigo Gil de Hontañón hace lo mismo (Huerta 2004).[36]

Finalmente, en el manuscrito aparece un dibujo que permite relacionar las dimensiones de dos nervios *ad quadratum*. Dado que los dibujos no tienen una relación clara con el texto del manuscrito, no se puede saber a qué dos nervios se refiere el dibujo. La

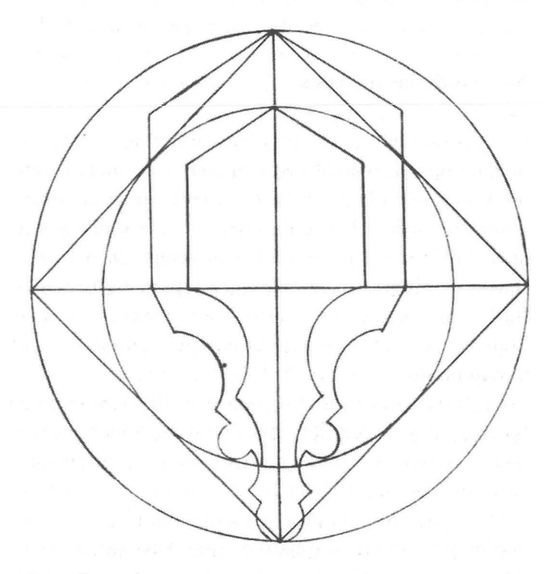


Figura 8
Relación *ad quadratum* entre dos nervios. (Lechler 1516)

relación entre los espesores de ambos es de $\sqrt{2}:1$, esto es muy aproximadamente, 7 : 5, que no coincide con las relaciones anteriores entre arcos cruceros grandes y pequeños, o entre arcos cruceros y perpiaños.

Torres

Las torres altas coronadas por flechas de madera o piedra son tan típicas del gótico como los arbotantes y las bóvedas de crucería. La planta de la torre era casi invariablemente cuadrada. Una vez establecida la esbeltez de la torre (la relación entre el lado de la base y la altura) el parámetro estructural más relevante es el espesor de sus muros. Finalmente, hay que decidir la salida de los contrafuertes de las esquinas.

En el *Tratado de Viena* no aparece regla alguna para calcular el espesor de las paredes de las torres. En los otros dos tratados se calcula dicho espesor en función de la altura de la torre: la pared tendrá de grueso 1/20 de la altura.

En las *Instrucciones* el texto es el siguiente: «Si una [torre] va a tener doscientos pies de altura, dale a su pared diez pies; si va a tener trescientos pies, dale a la pared quince pies.»[37] En la *Medida del Coro* viene la misma regla expresada de forma casi idéntica: «El espesor de la pared de la torre se rige por su altura. Si la torre tiene 200 pies de alto, la pared tendrá 10 pies de espesor; si tiene 300 pies de alto, la pared tendrá 15 pies de espesor.»[38]

Esta regla debió tener cierta difusión en Europa central pues Alberto Durero la emplea en su proyecto para la torre de una ciudad, figura 9, incluido en su *Unterweisung der Messung* (Instrucción sobre la medida) de 1525. Durero describe minuciosamente la forma y dimensiones de la torre (citando algunas de las construcciones geométrica explicadas con anterioridad: para la escalera de caracol y para el perfil del cimborrio de remate). La torre debía tener una altura de 200 pies hasta la cornisa; el diámetro exterior en la base es de 40 pies: 1/5 de la altura hasta la cornisa. El espesor del muro en la base es de 10 pies: 1/20 de la altura.

Los estribos o contrafuertes de las torres solo se tratan en las *Instrucciones* y en la *Medida del coro*. Hay que especificar el ancho y luego el resalto o saliente a partir de la pared. Como en el caso de los es-

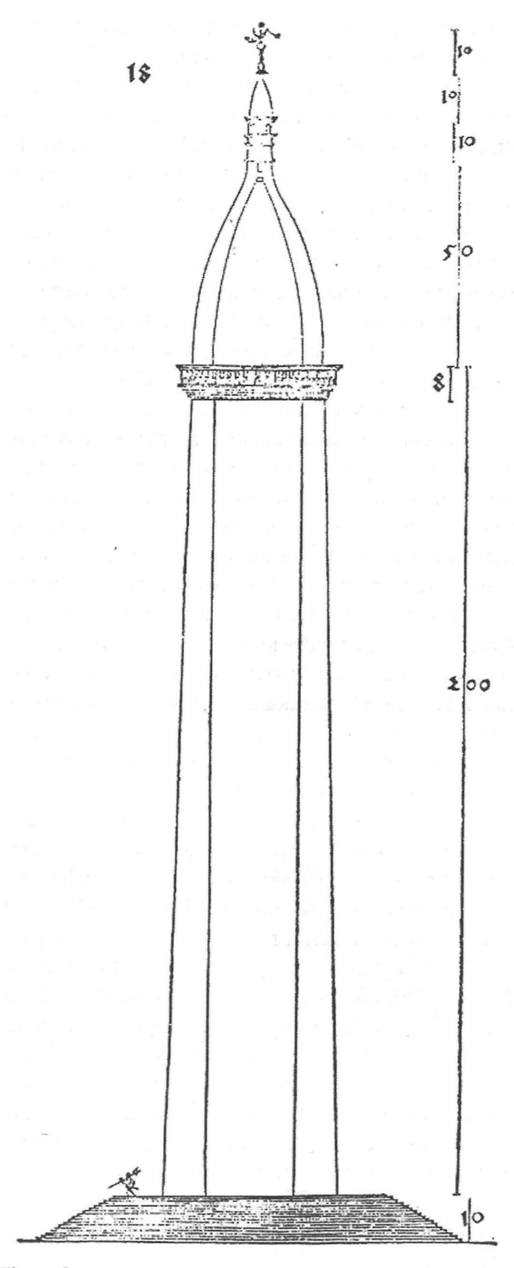


Figura 9
Proyecto para una torre en la plaza de una ciudad de Alberto Durero. La altura y el espesor de la pared de la torre coinciden con los valores estipulados para las torres en las *Instrucciones* de Lechler y en el manuscrito de *La medida del coro*: la pared debe tener un espesor de 1/20 de la altura. (Durero 1525)

tribos de la nave o el coro, estas dimensiones se calculan a partir del espesor de la pared.

Para el ancho, en la *Medida del coro* viene la siguiente regla: «Si la torre va a tener contrafuertes, su ancho se buscará a partir del espesor de la pared, dividiendo dicho espesor en tres partes y dos de ellas será el ancho del contrafuerte.»[39] En las *Instrucciones* Lechler expone la regla de la siguiente manera: «divide después la pared (de la torre) en tres partes y toma las mismas tres partes para el contrafuerte.»[40]

No parece lógico dividir en tres partes la pared para tomar las tres partes. Así, pues, se puede interpretar de dos maneras: bien como en el caso anterior tomando dos partes (y suponiendo un error de copia), o bien considerar literalmente la regla de manera que el saliente es igual al espesor del muro. En ambos tratados está previsto incrementar este ancho cuando el contrafuerte ha de ir decorado con tracería gótica.

En cuanto a la salida del contrafuerte, en ambos tratados se especifica que ha de ser una vez y media el espesor de la pared. En la *Medida del coro*: «El ancho del contrafuerte tomado 1 2 da su largo.»[41] Lechler: «así haz los contrafuertes tres veces la mitad de largo.»[42]

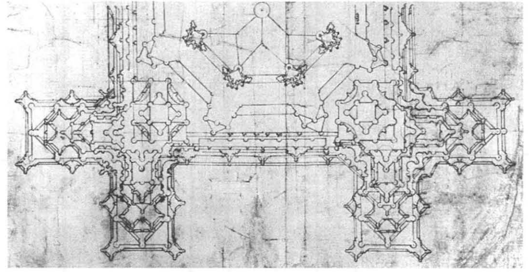


Figura 10
Traza de la planta y contrafuertes de una torre, perteneciente a la Wiener Sammlung (Koepf 1969). Nótese que la salida del contrafuertes es aproximadamente vez y media su ancho, verificandose la regla de los tratados del gótico tardío

CONCLUSIONES

El estudio de los tratados medievales de arquitectura confirma que los arquitectos medievales empleaban reglas estructurales para el proyecto de sus iglesias y catedrales. Estas reglas partían de un «gran módulo», la luz del coro o cabecera de la iglesia. De este gran módulo se deducían las proporciones generales del edificio, mediante relaciones aritméticas simples: el largo, ancho y altura de sus naves. Para calcular las dimensiones de los elementos estructurales se partía de un módulo más pequeño, que se deducía del anterior por una relación aritmética sencilla; este módulo era el espesor de la pared del coro, tomada como 1/10 de su luz. De este módulo se extraían, por procedimientos principalmente geométricos, las dimensiones y proporciones de los elementos estructurales: contrafuertes, maineles de las ventanas y nervios de las bóvedas. También se sacaban de él elementos decorativos como las impostas y basas.

Se trata, pues, de un proyecto proporcional que conduce a estructuras geométricamente semejantes independientemente del tamaño. Esta característica ha sido el origen de la mayor parte de las críticas al proyecto medieval, críticas que se remontan al propio Galileo. El argumento de Galileo se conoce hoy como la «ley del cuadrado-cubo». Si una estructura (sometida a su propio peso) aumenta de tamaño sin cambiar la forma, dado que el peso crece con el cubo de las dimensiones lineales (el volumen), mientras que las secciones de sus miembros crecen con el cuadrado. las tensiones crecen linealmente con el tamaño y, si queremos mantenerlas iguales a un cierto valor admisible, los elementos deben regruesarse al crecer la estructura. Esta observación es completamente correcta y el que Galileo fuera capaz no ya de establecer fórmulas del cálculo a flexión sino de extraer conclusiones de proyecto es una muestra de su genio (Huerta 2006b).

No obstante, como ha señalado el profesor Heyman en numerosas ocasiones (véase, por ejemplo,1969, 1995), no es la resistencia la que rige el proyecto de las estructuras de fábrica, sino la estabilidad. Es la forma de la estructura la que asegura su permanencia. Las tensiones son muy bajas en los edificios de fábrica, y su crecimiento, que sin duda se produce, es irrelevante de cara al proyecto estructural. El problema radica en que se mira al proyecto medieval desde el marco del proyecto moderno (de resistencia) de estructuras porticadas y entramados de barras (Heyman 1999). En estas estructuras, sobre todo en las porticadas, las tensiones son muy altas, y el criterio de resistencia debe tenerse presente en todo el proceso de proyecto. No sucede así con las estructuras de fábrica, esencialmente distintas de las

modernas de acero y hormigón armado (Huerta 2004).

Así, pues, dentro del marco del moderno análisis límite de estructuras de fábrica, las reglas góticas estructurales son esencialmente correctas, y su empleo demuestra el profundo conocimiento de los maestros medievales sobre los aspectos esenciales del proyecto estructural de las fábricas. Cabría preguntarse si podría ser de otra manera, si sería posible imaginar que las catedrales góticas fueron el fruto de una teoría esencialmente incorrecta.

NOTAS

1. Apenas podrían citarse unos pocos artículos. Véase, por ejemplo, Shelby y Mark (1977).
2. Con ligeras variaciones, lo que sigue ya fue publicado en mi libro de 2004. Lo recojo aquí incluyendo las citas en el idioma original que no pudieron imprimirse en el libro por motivos de espacio.
3. En lo que sigue hemos usado la transcripción diplomática de Coenen (1990). Sobre las *Instrucciones* de Lechler transcribe los tres manuscritos que se conservan en las bibliotecas de Colonia, Heidelberg y Karlsruhe; en las citas hemos empleado la transcripción del manuscrito de Colonia (Ms. W«276, Historisches Archiv der Stadt Köln, fols. 43r–56v; Coenen, 174–229); también se ha consultado la transcripción de Reichensperger (1856). El manuscrito original de *La medida del coro* se perdió y sólo se conserva la transcripción de Stieglitz (1820, 243–246), incluida sin paginar en Coenen, 269–272) Del manuscrito del *Tratado de Viena* (Ms. Cim. Kasten Fach VI, Nr. 55, Graphische Sammlung Albertina, Wien, pp. 60–77) hemos usado la transcripción de Coenen En las citas en el texto se da, entre paréntesis la página o folio del manuscrito correspondiente según la transcripción de Coenen. En lo que sigue hemos seguido en muchos casos la interpretación de Coenen y usado su transcripción diplomática de los tratados. Los otros tres tratados se refieren a aspectos concretos: construcciones geométricas sencillas o la traza de elementos concretos (pináculos y gabletes). De los dos últimos hay una transcripción y edición crítica de Shelby (1977).
4. Item hie wil ich dich underweisen, vnd lernen, wie du solst ein wimberg rnachen . . . (Lechler, fol. 49r).
5. El historiado alemán Konrad Hecht (1979) ha dedicado un extenso libro a desmontar con una enorme erudición esta idea.
6. El manuscrito original se perdió a principios del siglo XIX y sólo se conserva la transcripción de Chr. L. Stieglitz (1820). Coenen fecha el manuscrito a principios del siglo XV. El texto citado dice: «Das Gebaü hat seine gar genauen Regeln un gesetzte Eintheilung, da sich alle Glieder nach dem ganzen Werke und das ganze Werk hinwiederum sich nach den Gliedern richten muâ. Der Chor ist als das Fundament und die Grundregel des ganzen Gebäudes angenommen, nach dessen Weite nicht nur die Stärke der Umfassungsmauer, der Strebepfeiler, die Weite der Fenster, sondern auch aus der gefundenen Mauerdicke alle Breter zu den Simsen und allen Gliedern des Werkes gesuchet werden». (Coenen 269).
7. Soll der Chor 20 Schuh im Lichten breit sein, so wird seine Mauer 2 Schuh Stara gemacht, bey 30 Schuh Reite, 3 Schuh stark. (Coenen 95).
8. Item ein khor der 20 Schuech weidt ist, im liecht, und ist der stein guet, so mach die mauern zwen Werkschuech dickh, ist aber der khor von Eydlen gahauen steinwerkh, so brich im ab 3 zoll, ist den fauller stein so gib im 3 zoll zue zu der dickh der Mauer. (Lechler 43v; Coenen 95–96).
9. Item wer ein khor recht anlegen will, der teil die Weitung in drey teill, und derselben teill in funf teill, und als groß derselben theill eines ist, also dickh, mach die mauer zun khor. (Lechler 55r; Coenen 96)]
10. Item wer ein dickh werkh anlegen will, der soll das werckh teillen, In zechen teill, und als groß derselb teill eines ist, also dickh soll die mauer sein. (Lechler 52r; Coenen 96).
11. Item wer ein Khor machen wil der soll in ihm grundt fünff schuech dickh anlegen, und wen er uber die Erden kombt, mit dem grundt, so setz er in ab umb ein schuech, und wen er kombt, an die fensterbankh, dan man den kapgesimbß ligt, so sez er in umb Abderthalben schuch ab. (Lechler 52r; Coenen 96).
12. Coenen 97.
13. Als dickh, die mauer ist, In dem hochwerk, alß dickh sol die mauer sein in dem khor. (Lechler 55v; Coenen 97–98).
14. Item wer ein hochwerckh die rechte mauerdickhe geben will, der neme des khors dickhung für sich, und reiss ein fierung, darauß und miten in die firung, da stell ein Cirkhel, mit einem Orth darein, und thue den Circkel auf, da die fierung zum aller lengsten ist, uber zwerg, und reiß einem runden riß herumhb, und auf denselbigen Runden Circkhel Riß, da reiß wider ein sonderliche fierung, daß ist die rechte mauer dickhung, zu dem hochwerkh. (Lechler 50v; Coenen 98).
15. Das Langhaus richtet sich mit seinen Schäften [Mittelschiffpfeilern] nach dem Chore und wird diesem an weite gleich gemacht, jedoch so, daß die Schäfte mit des Chores Mauern B obgleich mit derselben in einer Stärke B nicht in gleicher Linie der Licht weite laufen, sondern mit drey Seiten ihrer achteckigen Form vorstehen. (Coenen 98).

16. Die mauer dickhe, zu der abseiten, die soll er machen zwen schuech dickh, wan er den steinwerkh, nit trauet, er aber den steinwerk woll, so nimb die mauer dickh an dem Hochwerk halb zu der abseiten. (Lechler 55v; Coenen 99).
17. Da durch die Flügel des Langhaus eine weitere Spannung bekommt als der Chor, so muß die Umfassungsmauer des Langhauses um ein Drittel der Chormauern stärker gemacht werden. (Coenen 99).
18. Coenen 105–106.
19. Ein khor 30 Schuech weidt, 3 Schuech dickh, die mauren aber mit den Pfeillern, die mag 3 schuech dickh 2 ob dem schreggesimbs. (Lechler 43v; Coenen 102).
20. Und alß dickh der Pfeiler ist zweimal als Lang sol er sein. (Lechler 43v; Coenen 103).
21. Und alß breidt der Pfeiler ist, zweimal, also lang, sol er sein, diese Pfeiller geheren, an Khör, ader wo man Irer bedarf. (Lechler 54v; Coenen 103)].
22. Ihre Grundbreite beträgt zweymal soviel als ihre Stärke. (Coenen 103).
23. Als preit als er ist zwisen als lang sol er sein und die pfeiler gehoren an kor. (Coenen 102).
24. Die Pfeiller, die da stehn, vor der abseiten, den soll er nemen, auß der mauer dickh, an dem hochwerkh, desselben geliefert, soll er nemen, uber Orth diseselbige leng, zu den Pfeiller für der abseiten, und soll den Pfeiller alß dickh machen, alß dickh die mauer Im hochwerkh ist. (Lechler 55v; Coenen 103).
25. Hoffstadt (1851) recoge esta regla.
26. Entre la abundante literatura sobe la estructura gótica las menciones son escasas. Las adiciones a Ungewitter de Mohrmann plantean los aspectos esenciales. Heyman (2002) ha estudiado los aspectos fundamentales del problema estructural de rosetones y ventanales de tracería.
27. Item so nimb die mauer dickhe, von dem khor, er sey khlein oder gros so reiß zwo fierung durch einander, darinen fintestu alle bredter, wie du dan alhie in disem Buech gerisen findest, in einer grosser fierung, das du das alß d(esto) leichter verstehn khanst, so hab ic dirs, in das buech gerisen, neben der schrifft, darnach so teill, die mauer Dickhung des khorß, In drey teill, derselbige teil eines nimb,
vnd teil dasselbig teil, wider in siben teil, daß ist der rechte alt Pfosten zu all(en) gebeien, Wiltu aber einen Iungen Pfosten machen, den man Offs, braucht, so thue zwey teil, von den siben teil, so bleiben, dir fünff teill, dieselbige fünff teil, bedeuten den Iungen Pfosten auf das du das der Leichter verstehn magst, so hat der alt Pfost, siben teill, vnd der Iung Pfost, fünff teil . . . (Lechler 44r; Coenen 114–15).
28. vnd wirt der Iung Pfost, auß dem alth Pfosten genummen, wan du die fierung in dreyteil geteillet hast, so reiß ein Andere, [Fol. 44 v.] fierung, durch die grosse fierung vber Orth durcheinander zweimall so hastu breide und lenge. (Lechler 44r-44v; Coenen 115).
29. Coenen 91–94. La traza de las bóvedas góticas ha sido estudiada exhaustivamente por Werner Müller que ha publicado numerosos artículos sobre el tema y, finalmente, un libro con un extenso apéndice bibliográfico (Müller 1990).
30. Esto puede resultar sorprendente para muchos que identifican el arco apuntado con la arquitectura gótica y, en consecuencia, piensan que los nervios cruceros deben ser apuntados. De hecho, los arcos cruceros son casi siempre de medio punto en casi todos los casos, debido seguramente a la sencillez de replanteo. Los arcos apuntados sirven para conseguir la altura de clave deseada en relación con la de los arcos cruceros y, así, son casi siempre apuntados los arcos formeros y perpiaños. Véase, por ejemplo, Choisy (1899, 2: 271).
31. Item wen du das Chreützbogen bredt, gewinnen wilst, so teil die mauer dicke in sechs teill vnd nimb derselben teill eines, daß ist das Creützbogen bredt vnd alß lang das Creütz bogen bredt ist, halb so breith, sol es sein. (Lechler 45r; Coenen 117).
32. Shelby (1971, 150).
33. Item wer aus der mauer dickhe machen wil, da mach ein gefierte firung, vnd theill dieselbe firung, vber Orth, nach der Zwerg, in drey teill, vnd so, groß, alß derselbe teil eines ist, so groß, soll das kreuzbogen bredt sein, nach der leng vnd also lang er ist, halb als breidt, soll er sein. (Lechler 51v; Coenen 117–8).
34 . . . Dises ist der großkreuzboge(n) den vnsere Altvetter haben gebraucht, dan sie haben genuegsam stein gehabt, aber zu Ieziger zeit, braucht man gar viel Redt darumb, Darumb so brauch du diese khleine khreüzbogen, es wer den sach, daß du gar ein weit gewolb hest, . . . so teil d(en) grossen Chreüzbogen In sechs teill, vnd nimb fünff teil, zu dem kleinen Creüzboge(n). (Lechler 45r; Coenen 117).
35. Die Creüzbogen . . . sollen deß Pfosten groß haben, vnd der scheitbogen, der sol haben, die Tickhung des Pfosten leng, vnd der Creutz-bogen in dem hochwerkh, soll also groß sein, als der scheitbogen in der abseiten ist, vnd der scheidtbogen, in dem hochwerkh, soll das dritteil grosser sein, den der Creutz bogen, in dem hochwerkh. (Lechler 54v-55r; Coenen 118).
36. Puede haber una explicación mecánica para ello: los nervios sólo trabajan cuando en el casco de la bóveda hay un «pliegue», una discontinuidad brusca de la curvatura, como sucede en la bóveda gótica típica, obtenida por la intersección de dos cañones. Pero las bóvedas del gótico tardío se asemejan con frecuencia a bóvedas baídas y los nervios cruceros, terceletes, etc., están dispuestos sobre una superficie casi continua; sólo trabajan, por tanto, durante la construcción de la bóveda. Cerrado el casco de la bóveda los esfuerzos pueden

transmitirse cómodamente por esta cáscara, más rígida que el esqueleto de los nervios. Sin embargo, los nervios perpiaños están situados entre las bóvedas baídas, en el único pliegue importante del conjunto de bóvedas.

37. Item wan ein durn zweyhundert Schuech hoch wirdt so gib Im zu der mauer dickhe zechen schuech, wirdt dan ein Durn dreyhundert schuech hoch, so nimb zu der mauer dickh funffzechen schuch. (Lechler 46v; Coenen 99).
38. Die Stärke der Thurmmauer richtet sich nach der Höhe des Thurmes. Ist dieser 200 Schuh hoch, so wirdt die Mauer 10 Schuh stark, auf 300 Schuhe Höhe, werden zur Stärke der Mauer 15 Schuh genommen. (Coenen 99).
39. Erhalten die Thürme Pfeiler, so wird deren stärke aus der Mauerstärke gesucht, indem diese Dicke in drey Teile getheilt wird und zwey derselben die Pfeiler-Stärke bestimmen. (Coenen 104).
40. Darnach theil die mauer dickhe, In drey teill vnd nimb derselbe(n) teill drey zum Pfeilern. (Coenen 104).
41. Die Stärke der Pfeiler 1 2 mal genommen ergibt seine Länge. (Coenen 105).
42. So mach,den Pfeillern, drithalben teill lang. Coenen (105).

LISTA DE REFERENCIAS

Ackerman, J.S. 1949. «"Ars sine scientia nihil est". Gothic theory of architecture at the Cathedral of Milan.» *Art Bulletin* 31: 84–111.

Binding, Günther. 1972. *Romanischer Baubetrieb in zeitgenössischen Darstellugen. (Veröffentlichung der Abteilung Architektur des Kunsthistorischen Institutes der Universität Köln, 2).* Köln: Universität Köln.

Binding, Günther (ed.). 1987. *Der mittelalterliche Baubetrieb Westeuropas: Katalog der zeitgenössischen Darstellungen. (Veröffentlichung der Abteilung Architektur des Kunsthistorischen Institutes der Universität Köln, 32).* Köln: Universität Köln.

Binding, Günther. 1990. *Das Dachwerk auf Kirchen im deutschen Sprachraum vom Mittelalter bis zum 18. Jahrhundert.* München: Deutscher Kunstverlag.

Binding, Günther. 1993. *Baubetrieb im Mittelalter.* Darmstadt: Wissenshaftliche Gesellschaft.

Bucher, François. 1968. Design in Gothic Architecture. A Preliminary Assessment. *Journal of the Society of Architectural Historians* 27: 49–71.

Bucher, François. 1972. Medieval Architectural Design Methods, 800–1560. *Gesta* 11: 37–51.

Coenen, Ulrich. 1990. *Die spätgotischen Werkmeisterbücher in Deutschland. Untersuchung und Edition der Lehrschriften für Entwurf und Ausführung von Sakralbauten.* München: Scaneg.

Frankl, Paul. 1945. The secret of medieval masons. *Art Bulletin.* 27: 46–64.

Frankl, Paul. 1960. *The Gothic: Literary sources and interpretations through eight centuries.* Princeton: Princeton University Press.

Hecht, Konrad. 1979. *Maß und Zahl in der gotischen Baukunst.* Hildesheim: Georg Olms.

Heyman, Jacques. 1968. On the rubber vaults of the Middle Ages and other matters. *Gazette des Beaux-Arts.* 71: 177–188. (Trad. esp. Heyman 1995, 83–92.)

Heyman, Jacques. 1992. How to design a cathedral: some fragments of the history of structural engineering. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Civil Engineering* 92: 24–29.

Heyman, Jacques. 1995. *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica. Colección de ensayos.*

Editado por S. Huerta. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Heyman, Jacques. 1999. Navier's straitjacket. Architectural Science Review 42: 91–95.

Heyman, Jacques. 2002. Rose Windows. En *New Approaches to Structural Mechanics, Shells and Biological Structures*, editado por H. R. Drew y S. Pellegrino, 115–125. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Hoffstadt, Friedrich. 1840. *Gotisches ABC Buch, das ist: Grundregeln des gotischen Styls für Kunstler und Werkleute.* Frankfurt am Main: S. Schwerber.

Hoffstadt, Friedrich. 1851. *Principes du style gothique exposés d'après des documents authentiques du moyen-âge.* Liége: E. Noblet

Huerta, Santiago (2004). *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Huerta, Santiago (2006a). Geometry and equilibrium: The gothic theory of structural design. *Structural Engineer* 84: 23–28.

Huerta, Santiago. (2006b). Galileo was wrong: The geometrical design of masonry arches. *Nexus Network Journal. Architecture and Mathematics* 8: 25–52.

Koepf, Hans. 1969. *Die gotischen Planrisse der Wiener Sammlungen.* Wien: Hermann Böhlaus Nachf.

Müller, Werner. (1990). *Grundlagen gotischer Bautechnik.* München: Deutscher Kunstverlag.

Shelby, Lon R. 1971). Medieval mason=s templates. *Journal of the Society of Architectural Historians.* 30: 140–154.

Parsons, W.B. 1976 [1939]. *Engineers and Engineering in the Renaissance.* Cambridge, Mass.: MIT Press.

Reichensperger, August. 1856. Des Meisters L. Lechler Unterweisung. En *Vermischte Schriften über christliche Kunst.* Leipzig: T. O. Weigel.

Shelby, Lon R. 1962. *The Technical Supervision of Masonry: Construction in Medieval England.* Ph.D. diss.: University of North Carolina at Chapel Hill.

Shelby, Lon R. 1969. Setting out the Key Stones of Pointed Arches: A Note on Medieval 'Baugeometrie'. *Technology and Culture* 10: 537–548.

Shelby, Lon R. 1971. Medieval Mason's Templates. *Journal of the Society of Architectural Historians* 30: 140–154.

Shelby, Lon R. 1972. The Geometrical Knowledge of Medieval Master Masons. *Speculum* 47: 395–421.

Shelby, Lon R. 1977. *Gothic design techniques: The 15th century design booklets of Mathes Roriczer and Hans Schumttermayer.* Carbondale and Edwardsville: Southern Illinois University Press.

Shelby, Lon R. y Robert Mark. 1979. Late gothic structural design in the "Instructions" of Lorenz Lechler. *Architectura.* 9: 113–131.

Stieglitz, Chr. L. 1820. *Von altdeutscher Baukunst.* Leipzig: .Fleischer.

Ungewitter, G. 1859–1864. *Lehrbuch der gotischen Constructionen.* Leipzig: T. O. Weigel.

Ungewitter, G. 1890. *Lehrbuch der gotischen Konstruktionen. III Auflage neu bearbaitet von K. Mohrmann.* 2 vols. Leipzig: T.O. Weigel Nachfolger.

Estructuras antisísmicas: las bóvedas encamonadas en el virreinato del Perú

Pedro Hurtado Valdez

Desde los albores de la ocupación hispana del Perú en el siglo XVI muros, arcos y bóvedas se levantaron con proporciones similares a los realizados en la península Ibérica, pero el nuevo territorio colonizado era sacudido periódicamente por sismos, provocando el colapso de la mayoría de las edificaciones, las cuales hasta entonces no estaban preparadas para hacer frente a estos fenómenos.

Durante las pruebas de ensayo y error los maestros constructores observaron los sencillos entramados de madera rolliza, caña y tierra de las viviendas de los nativos, los cuales por su flexibilidad resistían mejor a los terremotos. Inicialmente la rusticidad de esta técnica la hacía poco adecuada para la ejecución de templos y palacios, pero la incorporación de madera escuadrada y el arte del yeso español remediaron el inconveniente, simulando obras de fábrica sobre los nacientes telares hispanoamericanos conocidos como «quincha». Esta tecnología permitió dotar de mayor seguridad a las estructuras y edificar palacios con sus altos miradores, cuerpos superiores de claustros de conventos y torres de iglesias.

Solucionado la forma de construir en altura aún quedaba por definir el modo de cubrir los templos, condicionados por exigencias espaciales muy dadas a la edificación de bóvedas, principalmente por sugerencias del concilio tridentino. Para el siglo XVII ya se habían experimentado diversas posibilidades de ejecutarlas con fábrica sin haberse encontrado una respuesta razonable en términos de tiempo, economía y estabilidad frente a los sismos. En la constante indagación de propuestas para garantizar la seguridad de las cubiertas se volvieron a construir bóvedas de crucería, al asumirse podían resistir a los terremotos mejor que las existentes vaídas o de cañón, sin conseguir la confirmación en la práctica del desempeño estructural deseado.[1] Dentro de este panorama comenzaran a hacer su aparición a mediados del siglo XVII en el Virreinato del Perú las bóvedas encamonadas, correspondiendo más a una necesidad de protección que a carencias económicas.

La literatura sobre bóvedas de madera hasta el siglo XVII

En lo que toca a la definición estructural de arcos de madera se puede decir que Leonardo da Vinci había esbozado ya la posibilidad de salvar grandes distancias con piezas curvas colocadas en rosca una sobre otra. Las uniones se solucionaban con múltiples empalmes en rayo de Júpiter y pernos metálicos que atravesaban el conjunto de las piezas. Sin embargo este planteamiento no sería conocido sino hasta su publicación siglos después en el Codex Atlanticus.

Fue Philibert De L'Orme en el siglo XVI, quién planteó por vez primera y de manera clara la cubrición de espacios con bóvedas realizadas a partir de piezas cortas y delgadas de madera solapados unos con otros por el canto para dar forma a los arcos, los cuales eran arriostrados con espigas pasantes y suje-

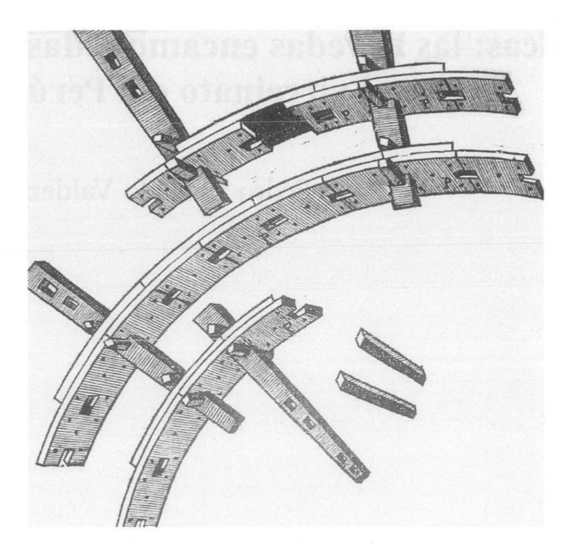


Figura 1
Detalle de las piezas y uniones en la propuesta de De L'Orme para sus bóvedas de madera (De L'Orme 1561)

tadas por clavijas para dotarlos de estabilidad lateral (fig. 1). No se puede relacionar su propuesta con la construcción de cuadernas en la arquitectura naval, que para entonces se obtenía del curvado de largas piezas de madera con la aplicación de calor. Más bien la experiencia del arquitecto francés sobre arcos de fábrica, que se evidencia en el resto de su tratado, pudo servir para idear estos arcos de madera, considerándolos de mayor ventaja que los de fábrica por la disminución de los empujes (De L'Orme [1561] 1988).

Conviene aclarar la poca influencia de este planteamiento en Sudamérica, porque las características constructivas de De L'Orme no se ajustan exactamente a las bóvedas de este continente, no obstante la presencia de una solución parecida en la cubierta de la iglesia jesuita de Córdoba (Argentina) realizada por Philipe Lemer en 1667. Pero la propuesta de Lemer logra mayor alcance técnico al definir un elemento estructural que actúa más como una viga reticular curva que como un arco, en el sentido que los empujes son absorbidos por el mismo sistema generando pre compresiones en las uniones con el uso de cuñas y el curvado de las tablas de cerramiento que presionan contra los arcos (Laner 2001, 14). Por otro lado los principales tratados españoles e italianos de la época consultados en Hispanoamérica no hacen mención a la propuesta de De L'Orme, quien provenía de un ambiente más inclinado a las tendencias góticas del norte europeo que al de los pueblos mediterráneos influenciados por las ideas renacentistas del momento.[2]

A principios del siglo XVII se publican diversas traducciones del tratado de Sebastiano Serlio, donde se muestra el dibujo de una bóveda ejecutada con piezas de madera solapada, pero sin profundizar en las características estructurales de la propuesta. Las uniones no se realizan con camón y contracamón por el lado del canto como indicaría la lógica constructiva sino a nivel de tres roscas superpuestas y que difícilmente hubiesen dado estabilidad a la estructura sin elementos de enganche común a los arcos, cosa que hará en el siglo XIX Armad Emy en la construcción de cubiertas abovedadas para salvar las luces de instalaciones industriales y estaciones ferroviarias. El mismo Serlio menciona que con esta armadura «. . . se podría hacer una bella y fuerte pérgola en un jardín . . . » (Serlio [1600] 1986, f. 199). Es decir, en ningún momento se planteaba la posibilidad de cubrir la nave de una iglesia, estando dirigida a ambientes más domésticos.

En el ámbito de la carpintería de lo blanco español los tres tratadistas fundamentales del siglo XVII fueron Diego López de Arenas, Andrés de San Miguel y Rodrigo Alvarez. De éstos solo ha quedado registrado el uso del texto de López de Arenas en el Virreinato peruano, a pesar de la presencia de San Miguel en México.[3]

La descripción de López de Arenas sobre el modo de ejecutar una media naranja en madera es algo extraña, tanto igual como el dibujo que adjunta, por no corresponder en ningún caso al sistema constructivo encamonado encontrado en las iglesias virreinales peruanas o en sus equivalentes españolas.[4] Incluso el ensamble con un rayo de Júpiter de dos largos camones hace pensar más en la tipología noreuropea del curvado de la madera que en las bóvedas encamonadas (fig. 2), procurando una junta que obedece principalmente a un trabajo a tracción.[5] Igualmente la mención del campaneo de las «medias cañas» aplicadas a los arcos de la bóveda resulta una complicada labor sin justificación, solo acostumbrada a ejecutarlas en las armaduras con limas moamares, para acompañar la curvatura y el paralelismo de los maderos de las esquinas.[6]

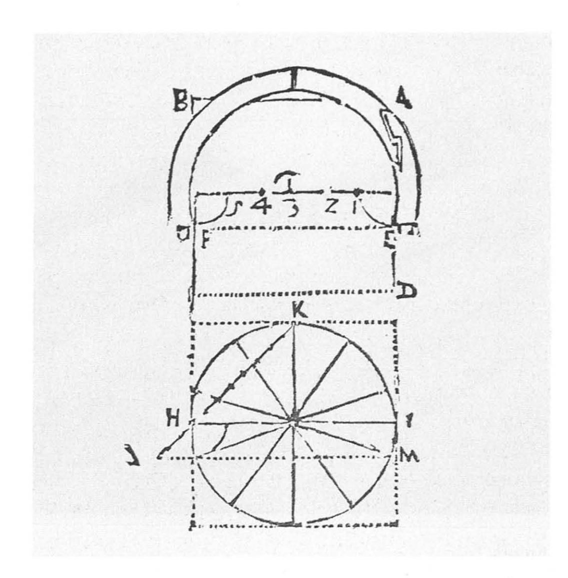


Figura 2
Lamina de López de Arenas, con el tipo de cerchas que obtiene y una unión en rayo de Júpiter de los camones (López, 1633)

Otro tratado importante en el ámbito hispano es el de Fray Lorenzo de San Nicolás, quien en la primera parte de su obra explica brevemente la manera de realizar una bóveda encamonada:

> . . . Demas de lo dicho se puede ofrecer en algun salon hazer alguna bobeda rebasada, y esta unas vezes se haze encamonada, haziendo camones de madera, que son unos pedaços de viguetas, ò tablones, y fixanse en el asiento de la bobeda, y rematan en el un tercio de su lado, y de unos a otros se tabican, y queda la bobeda con menos peso . . . Es bobeda segura de poco peso, por ser tabicada de sencillo, y yo la tengo hecha de quarenta pies de largo, diez y ocho de ancho, con solos tres pies de buelta. Si fuere encamonada, sentaràs los camones en el lugar que estàn las çancas, ò tornapuntas, con la parte de buelta que les toca (San Nicolás [1639] 1989, 1: f.92–92v).

Fuera de este párrafo no vuelve a hacer mención a las bóvedas encamonadas no obstante que en la segunda parte habla del modo de cubrir capillas de planta circular con madera (San Nicolás [1639] 1989, 2:f.189). Aquí San Nicolás refiere en realidad la armadura de un chapitel con una sección interior curva, como se observa en la lámina que acompaña al tratado, siendo un error tratar de asemejarlo a una cúpula encamonada. A reafirmar esta apreciación está el tratado de Rodrigo Alvarez, quién muestra un dibujo exactamente similar al de San Nicolás donde expresa que se trata de un chapitel (Nuere 2000). Como quiera que fuere, la descripción inicial ofrecida por San Nicolás se ajusta parcialmente a las características de las primeras bóvedas encamondas construidas en el Virreinato peruano pero que una vez asentado el sistema en estas tierras lograría un desarrollo estructural no encontrado en España.

Las bóvedas encamonadas en el Virreinato del Perú

A pesar que entre los años 1550 y 1555 De L'Orme inventó su sistema de bóvedas de madera, utilizándolo en la cubierta del castillo de Limours y en el proyecto de una cúpula en el monasterio de Montmartre, no se tienen referencias si influenció directamente en la arquitectura hispana de entonces. Es San Nicolás quien informará del inicio de la construcción de bóvedas encamonadas en Castilla a principios del siglo XVII por el jesuita Francisco Bautista, sin mencionar a De L'Orme.[7] Algunas de estas estructuras todavía sobreviven, pudiéndose observarlas en la capilla de los Caracciolos en Alcalá de Henares o en la iglesia parroquial de Torrija en Guadalajara, ambas del siglo XVIII. Estos dos ejemplos castellanos no solo son tardíos en comparación con las bóvedas encamonadas en el Virreinato del Perú sino que no son autoportantes pues se sujetan de una estructura superior, generalmente del tirante de la cubierta, quedando relegados los arcos únicamente a un nivel de conformación espacial.

Discurso aparte merecen las bóvedas de madera elaboradas en regiones vascas y gallegas, correspondientes notoriamente a una tipología estructural más de acuerdo con tradiciones medievales del norte europeo (Ayerza et al. 1996). Aquí no se usaban los camones para dar forma a los arcos de las bóvedas sino que se curvaban las vigas de madera para obtener pares curvos que sostenían una hilera o para realizar los arcos diagonales de las bóvedas de crucería, unidos con ensambles a pico de flauta o rayo de Júpiter (Courtenay 2004).

Inicialmente en el Virreinato del Perú se consideraba poco decente el empleo de la madera para cubrir

los templos, siendo normal su cerramiento con piedra o ladrillo. La constatación de los efectos negativos que producían los sismos en las bóvedas de fábrica impulsó la adaptación de los telares de «quincha» en forma de bóvedas encamonadas en la capilla de la Inquisición en 1665 y en la iglesia de Santo Domingo de Lima en 1666. De esta forma Fray Diego Maroto inspirado en la tradición española realiza unas armaduras de madera con tablas curvas y tejido de caña, sujetas de las vigas horizontales que se apoyaban en los muros de los templos.

Cuando el Cabildo Eclesiástico pide a Maroto su opinión sobre la reconstrucción de las bóvedas de la catedral de Lima después del terremoto de 1687 éste comenta:

> . . . y por el consiguiente no se molesta la dicha fachada mayormente cuando las bóvedas inmediatas se hacen de cedro y yeso contrahaciendo y remendando a las demás de crucería, terceletes mayores y menores y sus lazos relevando con las mismas molduras que tienen las de ladrillo sin que se pueda reconocer si lo son o no porque estas y la nueva forma se ha reconocido por experiencia ser fábrica más segura en tan repetidos temblores mayormente cuando las que hizo de esta manera este declarante en la Iglesia de su Convento siendo así que era de pocos fundamentos en lo tocante a la albañilería las bóvedas que hizo encima de los pilares y arcos que han padecido y no las bóvedas por haberlas hecho de cedro y yeso . . . (San Cristobal 1996, 98).

Habrá que esperar hasta 1675, durante la reconstrucción de la iglesia de San Francisco, cuando Manuel de Escobar y el arquitecto portugués Constantino de Vasconcelos, perfeccionan este sistema haciendo las bóvedas autoportantes al incorporar un murete de adobe de contrarresto de empujes y uniones flexibles, logrando además definir la cúpula sobre el crucero con el mismo criterio.[8] A partir de este momento esta técnica se generalizará por todo el Virreinato del Perú, especialmente después de la evaluación de su comportamiento durante el sismo de 1687, hasta convertirse en norma obligatoria luego del terremoto de 1746.

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA DE LAS BÓVEDAS ENCAMONADAS

Básicamente las categorías constructivas de estas bóvedas dependen de su carácter estructural. La primera corresponde al sistema adintelado, donde el intradós de la nave está formado por arcos sujetos a una armadura superior, mayormente vigas horizontales. Estos arcos no colaboran en la descarga del peso de la estructura y son utilizados únicamente para definir el espacio a cubrir, sin generar empujes laterales al formar parte de una estructura mayor que descarga el peso de la cubierta en forma vertical hacia los muros o pies derechos (fig. 3).



Figura 3
Características de la bóveda encamonada de la capilla de la Virgen de Loreto de Lima, correspondiente a la tipología adintelada (Hurtado Valdez et al. 1995)

El segundo tipo constituye el sistema autoportante, donde el intradós y el extradós de la bóveda están definidos por arcos que se sostienen en conjunto y forman la estructura. En este caso no solamente interesa definir un espacio interior sino también mostrar la volumetría exterior que adquiere la edificación con la curvatura del extradós. Aquí se generan empujes laterales que serán recibidos por el encadenado y los semi diafragmas verticales de adobe incluidos en la armadura, antes de transmitir dichos esfuerzos a los muros (fig. 4).

Elementos de confinación al muro

Encadenado: Eran piezas que recorrían horizontalmente todo el perímetro de la armadura y marcaban el



Figura 4
Bóvedas encamonadas autoportantes de la catedral de Lima a imitación de crucería (Hurtado Valdez 2006b)

inicio de ella, estando empotrados en el muro, generalmente de adobe. Debían de servir a la nivelación del muro otorgando una superficie horizontal apta para el apoyo de los arcos. Era raro utilizar otros elementos de nivelación como eran los nudillos en España. Cumplían además la función de recibir y repartir los empujes generados por las cerchas hacia los muros.

Estructura portante

Cerchas: Se construían a partir de camones y contracamones de cedro o roble, colocados en forma alternada por su canto y unidos mediante clavos hasta dar forma al arco que se necesitaba. A veces también se aplicaban cintas de cuero, colocándose húmedas y al secar producían una mayor presión por retracción del material. Este sistema otorgaba una alta racionalización del proceso constructivo evitando el excesivo desperdicio de madera al asignarse un módulo de corte que podía repetirse según las necesidades.

Estos arcos se realizaban siguiendo el trazo a escala natural realizada sobre un andamio ubicado a la altura de los arranques de la bóveda para luego proceder a su colocación definitiva por el giro de la armadura. Sus extremos se encastraban en el encadenado por medio de una larga espiga para evitar los desplazamientos horizontales que podrían ocasionar los empujes. En estas armaduras las testas de los camones podían estar colocadas a tope o con ensambles a media caja, en este último caso realizado a 45° en su canto y con inclinación radial de la testa hacia el centro de la curva.

Cuando se trataba de realizar lunetos en las bóvedas o dar la forma a la cúpula, se efectuaban sectores de arco de menores dimensiones que partían del encadenado y terminaban en el tercio o el cuarto superior de las cerchas principales, introducidos en un rebaje que aumentaba la superficie de contacto entre ambas. Estos sectores de arco permitían además disminuir las distancias entre los puntos de apoyo de las cañas, de manera que el peso del recubrimiento de tierra no producía flechas excesivas en ellas.

Riostras: Eran piezas de madera colocadas en forma horizontal y alternada entre las cerchas para unirlas en todo su recorrido, estando separadas por una distancia variable, que oscilaba entre 60 y 120 cm. Su función era transmitir y redistribuir las cargas de la cubierta, otorgando estabilidad lateral a los arcos además de mantener la separación entre ellos y evitar en la fase constructiva su volteo.

Relleno de adobe: En la zona de arranque de la armadura junto al muro, entre el encadenado y la primera riostra se solían colocar tornapuntas, rellenándose este espacio con adobe, con el fin de formar un diafragma parcial que ayudara a evitar el desplazamiento lateral de las cerchas y verticalizar la resultante del empuje.

Anillo de unión (en las cúpulas): Tenía forma octogonal y servía para la conexión de las diferentes cerchas en la parte alta de la semiesfera y contribuir al anclaje de la linterna. Se armaba con piezas enteras mediante el uso de ensambles a cola de milano. Las cerchas principales se fijaban al encadenado y al anillo central, mediante ranuras que se realizaban en éstos últimos.

Elementos de cierre

Tejido de caña: Formada por cañas unidas entre si con cintas de cuero y conectadas a las cerchas por clavos colocados en dichas cintas.[9] Generalmente en el extradós se colocaban enteras y hacia el intradós partidas longitudinalmente y extendidas.

Recubrimiento de tierra: Era una capa de barro con un espesor exterior mínimo de 5 cm, realizado con una proporción de 15% de arcilla, 10% de limo, 55% de arena y 20% de agua, incorporándose además paja y pelo animal para evitar una excesiva retracción por secado. La colocación del recubrimiento de tierra permitía aislar y proteger del medio ambiente a los diversos componentes de la armadura, manteniendo secos los elementos de madera debido a su bajo equilibrio de humedad de 0,4 a 6% en peso y a su alta capilaridad. Los insectos y hongos no pueden destruir la madera y caña en estas condiciones, ya que los insectos necesitan de 14 a 18% y lo hongos más de 20% de humedad para vivir.

Este estrato de tierra era estabilizado mediante la adición de cal y en algunos casos se cubría con una película de jugo de cactus con el fin de otorgar mayor impermeabilización a la cubierta. En el intradós de la bóveda se realizaba un recubrimiento final de yeso procurando un efecto visual de una bóveda de fábrica.

Transmisión de cargas y empujes

La primera evaluación científica del comportamiento de los arcos encamonados no se dará hasta 1797 por David Gilly, considerando erróneamente que estas estructuras seguían la misma lógica de los arcos de fábrica al interpretar sus juntas como conexiones rígidas. En general los ingenieros europeos de esta época asumían que la transmisión de los esfuerzos en compresión en los arcos de madera eran igual a los de fábrica, con discursos basados en la forma ideal y las resultantes de las reacciones.[10] Solo a partir del siglo XIX, después de observarse el comportamiento de estructuras reales en Europa se consideró, especialmente en el ambiente académico alemán, la importancia de la elasticidad y la diferencia de los esfuerzos con los de fábrica. Para esta fecha ya se habían construido la mayoría de las bóvedas encamonadas en el Virreinato del Perú, habiendo los arquitectos dimensionado los elementos constructivos según dictaba la experiencia.

A los arcos de las bóvedas encamonadas se incorpora un cerramiento de tejido de cañas y revoco de tierra, concentrando menores empujes en los muros en comparación con las originales de fábrica, al tener menos peso.[11] Este empuje además de verse reducido por el material usado, venía verticalizado por el empleo de un relleno de adobe en el cuarto inferior de las bóvedas, consiguiéndose transmitir con más seguridad las cargas dentro del tercio central del muro de adobe y evitar excentricidades riesgosas. La colocación de riostras transversales a los arcos, a los cuales se fijaba el tejido de cañas recubiertas con tierra y cal formaban en conjunto una retícula continua que garantizaba la distribución homogénea de las cargas y esfuerzos en la superficie de la bóveda, hasta llevarlos al encadenado apoyado sobre el muro. Además una bóveda encamonada por su flexibilidad facilitaba el ajuste de la estructura, con menor riesgo a su estabilidad, a los asientos y cambios geométricos que originaba la consolidación del terreno bajo las fundaciones.

Comportamiento dinámico durante sismos

Las antiguas directivas de diseño de arcos y bóvedas de fábrica se basaban en leyes de proporción más que en criterios de resistencia o rigidez, buscando que la geometría de la estructura asegurase la transmisión adecuada de los esfuerzos dentro del material, generalmente trabajando a compresión, siendo normal la aparición de fisuras.[12] A pesar que estos signos muestran la adaptación de una estructura a su entorno y posterior estabilización en el tiempo, en un medio sísmico resultan relevantes porque cambian la frecuencia inicial de la construcción, pudiendo producir una resonancia dinámica durante un sismo si la nueva frecuencia resulta similar a la del terreno sobre la que se levanta, con el consiguiente daño estructural (Hurtado Valdez 2006a).

Si bien este tipo de construcciones en tierras sudamericanas eran estáticamente estables, tenían un desempeño dinámico riesgoso, pues los constructores hispanos no las habían preparado para enfrentarse o disipar energía sísmica. Los arcos y bóvedas de fábrica se mantienen estables mientras las condiciones geométricas no cambien sustancialmente, es decir la forma de la estructura garantiza el paso de la línea de empujes dentro de ella, con los límites fijados por los bordes del mismo material. Sin embargo ante un sismo, independientemente de la forma del arco o bóveda, la respuesta dinámica será elástica si la estructura ha sufrido fisuras limitadas. Pero si aumenta la aceleración horizontal se manifestará otra fase con distinta

frecuencia de vibración, donde los elementos de la bóveda chocan entre sí y pueden separarse, produciendo un desajuste en la geometría inicial con la posible aparición de un mecanismo de colapso.

Frente a las estructuras abovedadas aplicadas en Europa, en el Virreinato peruano se optó por la incorporación de la técnica constructiva desarrollada, es decir, realizar la planta baja de los edificios en adobe, dejando para la cubierta el uso de las bóvedas encamonadas. Dado que la fuerza de actuación de un sismo es proporcional al peso de la estructura, la utilización de una armadura ligera y realizada con materiales de elevada resistencia a esfuerzos tensionales permitió edificar en altura sin menoscabar la estabilidad de los muros de base, contribuyendo a este fin las uniones adoptadas para el encuentro entre la estructura flexible de madera y la rígida de adobe del piso inferior (fig. 5).

La unión entre ambas estructuras estaba dada por una viga perimetral de madera, que actuaba como encadenado de la parte superior del muro y base de las bóvedas encamonadas, ayudando a arriostar a los muros de adobe e impidiendo su natural separación durante un sismo. Así trataban de brindar un efecto diafragma para responder solidariamente al movimiento, ya que como los techos pesaban poco y eran flexibles, la parte superior de los muros hubiese vibrado como un borde libre con una fuerza inercial actuando dentro y fuera del plano, en este último caso podía ocasionar la separación de los muros y su posterior vuelco si el momento positivo se hacía grande en la parte central, cuando existía un gran distanciamiento entre contrafuertes o muros de arriostre.



Figura 5
Bóveda y cúpula encamonadas autoportantes de la iglesia La Compañía de Pisco (Hurtado Valdez 2006b)

AUMENTO DE LA DUCTILIDAD DEL SISTEMA

Un gran trabajo dinámico lo realizaba el tejido de cañas que actuaba como una armadura interna con amplia posibilidad de resistir tensiones, mientras el revestimiento de barro con cal no sólo protegía de la intemperie a los diferentes elementos de la estructura sino contribuía junto con las cañas a definir una superficie continua a modo de una membrana asegurando un trabajo solidario de toda la estructura no sólo a nivel estático sino principalmente dinámico.[13] Además estas bóvedas no estaban rígidamente conectadas al encadenado ubicado sobre el muro sino mediante una espiga sumamente larga y trabada por un murete de adobe. Durante un temblor los arcos que formaban la bóveda podían moverse dentro del cajeado realizado, asegurando la dimensión de la espiga el mantenimiento en su posición. De igual manera el uso de cintas de cuero para las uniones permitió cierto grado de libertad al movimiento sin que se perdiera la forma geométrica inicial, siendo lo suficientemente flexibles para disipar energía sísmica sin llegar a colapsar y cuyas tolerancias de deformación eran ya tomadas en cuenta (fig. 6).

Por otro lado se considera erróneamente que el relleno de adobe en la parte baja de una bóveda encamonada busca el descenso de su centro de gravedad. Una rápida observación de la estructura mostrará que la armadura abovedada no está hueca, sino llena con un tupido tejido de caña y recubrimiento de barro, por lo que el peso específico de esta parte no puede estar demasiado alejado del peso específico del relleno de adobe en la base, ambos de igual espesor.

En una bóveda de cañón de materiales homogéneos la coordenada «y» del centroide se ubica aproximadamente a $4R / 3\pi$, medido desde la base, pero en una bóveda encamonada la posición en «y» es igual a $0{,}95\ (4R / 3\pi)$, que no es significativo para mejorar su eficacia sismorresistente.[14] Por tanto la razón para



Figura 6
Utilización de cintas de cuero en la capilla de la Virgen de Loreto de Lima (Hurtado Valdez et al. 1995)

rellenar estos cuartos inferiores con adobe está más relacionado con formar una guía que impidiese a la espiga de los camones escapar del encadenado en los movimientos sísmicos y de asegurar durante su construcción, cuando se posaba el arco sobre el encadenado, el actuar como peso muerto que ayudara a verticalizar los empujes hasta que se completara la edificación de este tramo. Finalmente creaba un semi diafragma dentro del plano impidiendo el desplazamiento de los arcos en el sentido lateral y absorbiendo fuerzas sísmicas en esta dirección.

Notas

1. El hundimiento de las bóvedas de cañón realizadas con ladrillo en la iglesia de Pacasmayo y con piedra en la catedral de Cuzco produjeron su cambio por bóvedas de crucería. Las bóvedas de la catedral de Lima se rehicieron después del terremoto de 1609 bajo el sistema de crucería, pero volvieron a colapsar en el terremoto de 1687 y fueron reconstruidas en tipo encamonado.
2. «To demonstrate that de l'Orme's treatise had no inmediate success, it must be said that Vicenzo Scamozzi in his L'idea dell'architettura universale doesn't mention it, even though he writes at length about Italian and foreign architecture of the time. Scamozzi's work was the result of his long journeys around Europe noting architecture, and of his studies about different building techniques. The French treatise wasn't rediscovered until the nineteenth century, during the renewed interest in the gothic when illustrious people, such as Jean Baptiste Rondelet and Armand Rose Emy, referred to it in their works» (Campa 2006, 531).
3. Se evidencia en el inventario realizado a la biblioteca de uno de los más importantes alarifes de Lima: Santiago Rosales (1681–1759). Los principales volumenes encontrados fueron «Arquitectura» de Pietro Catáneo (1554), «Tercer y cuarto libros de Arquitectura» de Serlio (1565), «Perspectiva y Espectacularidad» de Euclides (1585), «Breve Compendio de Carpintería de lo Blanco y Tratado de Alarifes» de López de Arenas (1633), «Breve tratado de bóvedas regulares e irregulares» de Juan de Torrija (1661), «Arquitecto Perfecto» de Sebastián Fernández de Medrano (siglo XVIII), «Tratado Nuevo de las Cosas Maravillosas de Roma», «Arquitectura Militar» de Matías Dogac, «Fortificaciones de Plazas» y «Elementos Militares» de Diego Enriquez de Villegas (Marussi 1981, 122). Por su parte el tratado de San Miguel sólo hace referencia a la traza geométrica de una cúpula encamonada sin mencionar las características de su construcción. Mirar en Nuere (1990) lámina f.88.
4. «Si la quisieres hazer en diez cascos, la demostraré aquí toda enteramente, por la mucha similitud que tiene con la esfera, sea la quadra y buelta redonda de su estribo A.B.C.D. haz su anchura seis partes la linea que la corta por el centro y de ella básate con una sexta parte, como lo dize E.F. y pon el punto del compas en el centro del quadrado, y punto G. y descrive alrededor una parte de circulo, empeçando en el punto E. y acabando en el punto F. acrecientale agora los peraltes en esta parte del circulo, y quedarán inclusos los dos camones, y en la planta sacarás los campaneos que tiene cada camon, dándoselos por la orden que se da a la campana de la lima de la media caña» (López [1633] 1982, f.32v).
5. Toajas (1997, 197) ha dado cuenta de la falta de precisión de López de Arenas: «las explicaciones de Arenas sobre la estructura cupular resulta incompleta, tal vez por la dificultad de fundamentar razonadamente lo que conoce por transmisión práctica de taller, y los dibujos y plantillas heredados; no aclara cómo determina los centros de los sectores de círculo que determinan los triángulos curvos de la montea».
6. Se designaban como «medias cañas» a las bóvedas de madera en rincón de claustro. Cuando se realizaban con limas moamares (dos limas paralelas que partían de la esquina correspondiente a cada muro y concurrían en lo alto) era necesario ejecutar una corrección geométrica

denominado «campaneo» consistente en la torsión de los maderos para producir la curvatura sin perder el paralelismo de las caras verticales de las piezas.

7. «En España, particularmente en esta Corte se van introduciendo el cubrir las Capillas con cimborrio de madera, y es obra muy segura, y muy fuerte, y que imita en lo exterior a las de cantería, esta se ha usado dello en edificios, ó que tienen pocos gruesos de paredes, ó que lo caro de la piedra es causa de que se hagan con materia mas ligera, y menos costosa. En Madrid mi patria, Corte del Rey de España, hizo la primera un famoso Arquitecto de la Compañía de Iesus, por nombre el Padre Francisco Bautista, en el Colegio Imperial de su Religión, en su gran fabrica de su iglesia, que por los malos materiales de esta Corte, fue necesario echarla de madera. Yo hize la segunda en mi Convento de Agustinos Descalços, en esta Villa de Madrid, en la Capilla del Desamparo de Christo; la tercera hize en Talavera en la Hermita de Nuestra Señora del Prado, con el resto de su Capilla mayor; y la quarta que traçé, se executó en Salamanca, tambien en mi Convento de Agustinos Descalços, y la executó un famoso Arquitecto, Religioso de mi Religión, que fue discípulo mio, llamado Fray Pedro de San Nicolas» (San Nicolás [1639] 1989, 2:f.189).
8. Constanino de Vasconcelos falleció en 1668, años después de que Maroto introdujera las bóvedas encamonadas y aunque al principio era partidario de cubrir el templo de San Francisco con bóvedas de ladrillo es de suponer que finalmente debió plantear junto a Escobar la estructura a base de madera.
9. Se trata de la especie gunerium sagittatum, con un diámetro aproximado de una pulgada. Es de consistencia compacta y flexible, llena de fibras internas muy resistentes a la tensión. También soporta al ataque de hongos e insectos.
10. Basta recordar que la primera aplicación de la estática en la solución de problemas de arcos de fábrica la realiza Lahire (1695) utilizando el polígono funicular en sus análisis. Aún en 1825 el Consejero de construcciones de Bavaria Johan Michael Voit hacía referencia a las precedentes estructuras de fábrica para referirse a los arcos encamonados, mientras Panzer (1835) como Real Oficial de construcciones de Bavaria y Johann Andreas Romberg (1850) recomendaban construir arcos encamonados siguiendo la forma de una catenaria invertida. Franz Joseph Ritter von Gerstner trabajó sobre el análisis de la capacidad de carga de estas estructuras aplicadas a puentes tratando de seguir una imaginaria línea de empujes (Hahmann 2006, 1506).
11. El espesor de una bóveda de fábrica era parecido al realizado en madera, caña y tierra. Pero el peso específico de una bóveda encamonada y rellena con estos materiales es 900 Kg/m^3, mientras que el del granito bordea los 2700 Kg/m^3 y el ladrillo los 1800 Kg/m^3.
12. Los tres criterios estructurales fundamentales son resistencia, rigidez y estabilidad. Sin embargo para un constructor antiguo los conceptos de resistencia y rigidez eran secundarios al momento de proyector una edificación. Las tensiones medias de una estructura normal de fábrica son bajas y las deformaciones generalmente despreciables por lo que la estabilidad que otorgaba su geometría devenía en clave importante para el diseño (Heyman 1995).
13. En ensayos realizados sobre módulos de «quincha» se observó que cuando al recubrimiento de barro y paja se incorporaba un delgado estrato de arena, cemento y yeso, éstos se incrustaban en las fisuras del revoco de tierra formando un elemento monolítico. El recubrimiento controlaba la curva esfuerzo deformación horizontal del conjunto, resistiendo su propio peso en dirección horizontal, es decir 1g sin colapsar (Kuroiwa 2002, 141). La «quincha» puede considerarse como un sistema estructural mixto que sigue la lógica del diseño de los materiales compuestos incorporando fibras en una matriz más blanda para conseguir una combinación de propiedades que no es posible obtener en los materiales de manera independiente, logrando mejoras de resistencia y flexibilidad.
14. Se realizó un cálculo de los momentos estáticos de la bóveda con relleno de adobe y de aquella con barro y caña. El momento estático de un área respecto a un eje dado es igual al área multiplicada por la distancia normal del centroide del área al eje. Si se divide un área en un número de partes, la suma de los momentos estáticos de las partes es igual al momento estático del área completa. Para el cálculo se han considerado un peso específico del adobe de 1,400 Kg/m^3 y de la «quincha» de 900 Kg/m^3. El resultado arrojó un descenso del centro de gravedad de su posición en 5%. El descenso será aún menor si se considera el mayor peso específico de la «quincha» de 1,200 Kg/m^3.

Lista de referencias

Ayerza, Ramón; Barrio, José Ángel; Javier Gómez y Alberto Santana. 1996. *Ars Lignea. Las iglesias de madera en el País Vasco.* Madrid: S. E. Electa España S.A.

Campa, María Rita. 2006. Le Nouvelles Inventions pour Bien Bastir et a Petits Fraiz by Philibert de l'Orme: a New Way to Conceive Wood Roof Covering. En *Proceedings of the Second International Congress on Construction History.* Editado por Malcom Dunkeld, James Campbell, Hentie Louw, Michael Tutton, Bill Addis y Robert Thorne, Vol. 1: 525–541. Cambridge.

Courtenay, Lynn T. 2004. Medieval Roof Carpentry: charpente lambrissèe. En *Timber Framing 72: 8–15*. Becket: The Timber Frame Guild.

De L'Orme, Philibert. 1561. *Traités d'architecture: Nouvelles Inventions pour bien bastir et à petits fraiz. Premier Tome de l'Architecture*. Paris: (facs. Ed. Paris: Léonce Laget, Libraire-Èditeur, 1988).

Hahmann, Lydia. 2006. How stiff is a curved timber plank? Historical discussions about curved-plank structures. En *Proceedings of the Second International Congress on Construction History*. Editado por Malcom Dunkeld, James Campbell, Hentie Louw, Michael Tutton, Bill Addis y Robert Thorne, Vol. 2: 1501–1516. Cambridge.

Heyman, Jacques. 1999. *El esqueleto de piedra, mecánica de la arquitectura de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Hurtado Valdez, Pedro; Paliza, Violeta; Bernardo Roeleved y María Zúñiga. 1995. Análisis del comportamiento estructural de la bóveda de la capilla de Nuestra Señora de Loreto. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Arquitectura Urbanismo y Artes, Sección de Postgrado y Segunda Especialidad.

Hurtado Valdez, Pedro. 2006a. La restauración de edificios de tierra en zonas sísmicas. En *Atti del Convengo Internazionale «Costruire con terra cruda oggi»*. Roma: Edicomedizione.

Hurtado Valdez, Pedro. 2006b. Estructuras abovedadas de quincha en el Virreinato del Perú. En *Actas del V Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra y I Seminario Argentino de Arquitectura y Construcción con Tierra*. Mendoza: Cricyt.

Kuroiwa, Julio. 2002. *Reducción de desastres. Viviendo en armonía con la naturaleza*. Lima: Julio Kuroiwa.

Laner, Franco. 2001. Mettere in forza, la chiesa della Compagnia di Gesù a Cordoba. En *Adrastea 18: 4–17*. Edolo: Habitat legno s.p.a.

Lopez de Arenas, D. 1633. *Breve compendio de la carpintería de lo blanco y tratado de alarife. Editada por Luis Espinan* (facs. Ed. Valencia: Albatros, 1982).

Marussi Castellan, Ferruccio. 1981. *La quincha en las edificaciones monumentales del Virreinato del Perú*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Nuere Matauco, Enrique. 1990. *La carpintería de lo blanco, lectura dibujada del manuscrito de Fray Andrés de San Miguel*. Málaga: Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Oriental.

Nuere Matauco, Enrique. 2000. *La carpintería de armar española*. Madrid: Editorial Munilla - Lería.

San Cristobal, Antonio. 1996. *La catedral de Lima: Estudios y documentos*. Lima: Museo de Arte Religioso de la Catedral de Lima.

San Nicolás, Fray Laurencio de. 1639. *Arte y Uso de Arquitectura. Primera y Segunda Parte. Madrid: s.i.* (facs. Ed. Madrid: Albatros, 1989).

Serlio, Sebastiano. 1600. *Tutte l'opere d'architettura, et prrospetiva, di Sebastiano Serlio bolognese, dove si mettono in disegno tutte le maniere di edifici, e si trattano di quelle cose, che sono più necessarie a sapere gli Architetti . . . Diviso in sette libri. Seconda parte. Venezia* (facs. Ed. Oviedo: Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Asturias, 1986).

Toajas Roger, María Angeles. 1997. *Diego López de Arenas, breve compendio de la carpinteria de lo blanco y tratado de alarifes*. Madrid: Visor Libros S.L.

Innovaciones constructivas en los pabellones españoles de las exposiciones internacionales

Sonia Izquierdo

Los pabellones de las exposiciones son obras creadas por arquitectos conocedores y colaboradores de las industrias más avanzadas y permanentemente actualizados con las novedades internacionales; estas obras fueron realizadas en estrecha colaboración y asesoramiento con ingenieros y arquitectos técnicos. Los pabellones analizados fueron construidos a partir de 1937, debido a que los anteriores eran de estilo historicista y su objetivo principal era reproducir edificios representativos con métodos tradicionales de construcción.

La innovación principal de los pabellones de exposiciones es la integración de elementos constructivos prefabricados que permiten reducir tiempos de ejecución y costes de mano de obra. Además la necesidad de dejar el lugar en su estado inicial obliga a sistemas constructivos fácilmente desmontables y al uso de materiales reciclables.

La Revolución Industrial impulsó la producción de elementos en serie. Especialmente la industria de la fundición desarrolló la prefabricación. Además el incremento de los canales navegables y el desarrollo del sistema ferroviario posibilitó el transporte de los elementos prefabricados. Hasta el comienzo de los años veinte no se inició el debate sobre la construcción mediante la prefabricación. Fue la necesidad de construir viviendas al final de la I Guerra Mundial lo que produjo este cambio de actitud.

Según James Strike, las dos principales figuras que impulsaron este esfuerzo por lograr un entendimiento claro y fundamental de la industrialización fueron Walter Gropius y Le Corbusier(2004, 134). Walter Gropius ejerció gran influencia en el desarrollo de los sistemas prefabricados. Destacamos entre sus obras la casa seriada de 1921, la casa de acero de 1926 y la casa pequeña, Kleinhaus de 1927. Le Corbusier maestro de Josep Lluis Sert, proyectó la casa Domino en 1914 que consistía en una estructura en serie de hormigón armado. Además construyó cincuenta viviendas en Pessac gracias a un único tipo de viga de hormigón armado y tres tipos de ventanas normalizadas.

El pabellón de la Exposición de las Artes y las Técnica aplicadas a la Vida Moderna de París en 1937

El primer pabellón no historicista fue proyectado por D. Josep Lluis Sert y D. Luis Lacasa y se construyó en el año 1937 en París. Su principal innovación fue el uso de elementos constructivos tomados directamente de catálogo como los paneles de fibrocemento ondulado, paneles aglomerados «cellotex» y los paneles de un material sintético llamado «silvanite».

El fibrocemento era un material muy novedoso en aquellos años pues entre 1878 y 1929 no encontramos ninguna patente relacionada con este material en la Oficina Española de Patentes y Marcas. Unicamente existen dos patentes entre 1930 y 1966 relacionadas con la fabricación de placas, tubos y elementos similares de dicho material (fig. 1).

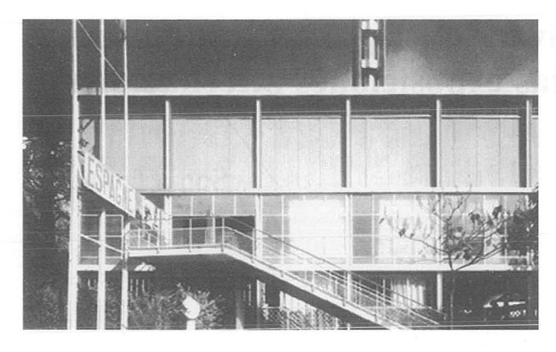
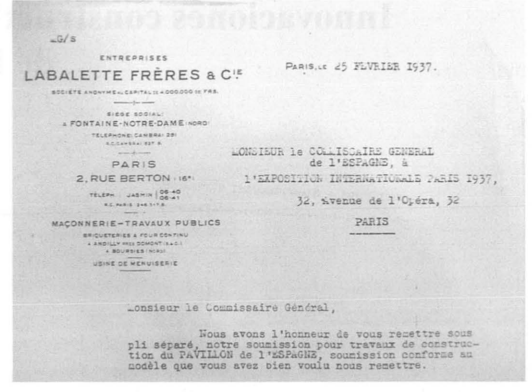


Figura 1
Fotografía de la fachada principal del pabellón en la que se colocaron los paneles de fibrocemento (Foto cedida por el Museo Centro de Arte Reina Sofia Alix Trueba, 1987)



G/s

ENTREPRISES
LABALETTE FRÈRES & C^IE
SOCIETE ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRS.

SIEGE SOCIAL:
A FONTAINE-NOTRE-DAME (NORD)

PARIS
2, RUE BERTON (16e)
TÉLÉPH. JASMIN 06-40 06-41

MAÇONNERIE-TRAVAUX PUBLICS
BRIQUETERIES A FOUR CONTINU
USINE DE MENUISERIE

PARIS, LE 25 FEVRIER 1937.

MONSIEUR le COMMISSAIRE GENERAL
de l'ESPAGNE, à
l'EXPOSITION INTERNATIONALE PARIS 1937,
32, Avenue de l'Opéra, 32
PARIS

Monsieur le Commissaire Général,

Nous avons l'honneur de vous remettre sous pli séparé, notre soumission pour travaux de construction du PAVILLON de l'ESPAGNE, soumission conforme au modèle que vous avez bien voulu nous remettre.

Figura 2
Cabecera de la carta remitida por la empresa Labalette Freres al Comisario General español con el objeto de remitirle su presupuesto (Notice descriptive, sin publicar)

El «cellotex» era una marca comercial de un material que consistía en paneles de una mezcla de fibra de caña de azúcar comprimida y combinada con materiales sintéticos ignífugos. Los paneles, que servían de aislante, estaban colocados en el interior de los muros con una capa de aire que los separaba de los paneles de fibrocemento. El mismo material, colocado en techos, fue utilizado por Walter Gropius en la casa pequeña, Kleinhaus, construida en la Weissenhofsiedlung en Stuttgart de 1927. Según Strike, Gropius redujo el peso exterior con placas de amianto en vez de planchas de acero (como en la casa de Törten) y en el interior aplicó dos nuevos materiales: el contrachapado para las paredes y el cellotex para los techos (2004, 138).

En cuanto a los aglomerados, como el «cellotex», han quedado registradas dos patentes entre 1930 y 1966 que versan sobre el procedimiento y perfeccionamiento en la fabricación de aglomerados para la construcción. En cambio conocemos doce patentes entre 1906 y 1929 que detallan la producción de paneles con cañas, pajas y materiales análogos, aunque muchas de ellas no se llegaron a poner en práctica.

Otra marca comercial utilizada en el pabellón fue el «silvanite», material sintético traslúcido similar al cristal. Los paneles de «silvanite» eran más ligeros que el cristal y fueron colocados en el techo de la segunda planta. Permitían aprovechar a través de este techo la luz que atravesaba el lucernario de cubierta, iluminando cenitalmente la planta cuyas fachadas estaban cerradas con paneles de fibrocemento.

También cabe destacar en este pabellón que la estructura, que se dejó vista, era metálica y fue realizada por la empresa Labalette Freres de París. La obra se levantó en cuatro meses con un presupuesto de un millón ochocientos cincuenta mil francos franceses, casi un millón euros actuales (fig. 2).

Pabellón de la Exposición Universal de Bruselas de 1958

D. José Antonio Corrales y D. Ramón Vázquez Molezún diseñaron para el pabellón de 1958 de Bruselas un módulo hexagonal metálico, bastidores de aluminio en las fachadas y piezas ligeras tipo «durisol» para la cubrición de la cubierta.

La utilización del aluminio tuvo su origen en la ingeniería aeronáutica de la I Guerra Mundial. Derek afirma que el uso estructural del aluminio data de 1909 cuando el alemán Alfred Wilm descubrió una aleación que endurecía con el paso del tiempo y que condujo al «duraluminio» producido por Durenner Metalwerke y ampliamente usado en la construcción de zeppelines en la I Guerra Mundial (1987, 115).

La utilización del aluminio no estaba extendida en España con anterioridad a 1958, la prueba es que no conocemos ninguna patente antes de 1966. La única patente se solicitó ese año y consiste en la fijación de una lámina de aluminio a un soporte de cemento.

Los bastidores de aluminio del pabellón los fabricó la casa belga Chamebel, que también realizó los muros cortina del aeropuerto Zavestem Nacional de Bruselas, construido con motivo de esta exposición. El proyecto del aeropuerto es obra de los arquitectos Máxime Brunfaut, Geo Bontinck y Joseph Moutschen y utilizaron veintidós mil seiscientos metros cuadrados de bastidores de aluminio. Este dato nos indica que la casa Chamebel era una empresa dedicada a proyectos de grandes dimensiones e innovadores (fig. 3).

Los bastidores del pabellón español tenían tres metros por un metro y cerraban paños de fachada que alcanzaban desde los tres a los nueve metros de altura. Fueron necesarios quinientos veintisiete bastidores para cerrar las fachadas y los huecos de un metro de alto que quedaban entre los elementos hexagonales que se instalaron escalonados para adaptarse a la pendiente del terreno (fig. 4).

Las piezas ligeras de cubrición tipo «durisol» tenían forma de triangulo equilátero con dimensiones de un metro y medio de lado y estaban compuestas de madera y cemento recubiertas de fieltro asfáltico y lámina de aluminio como impermeabilizante.

La obra se adjudicó a la firma E. Latoir que se comprometió a la ejecución del pabellón con un presupuesto de veinte millones ochocientos sesenta mil francos belgas, equivalentes a unos tres millones y medio de euros actuales y un plazo de ejecución de siete meses.

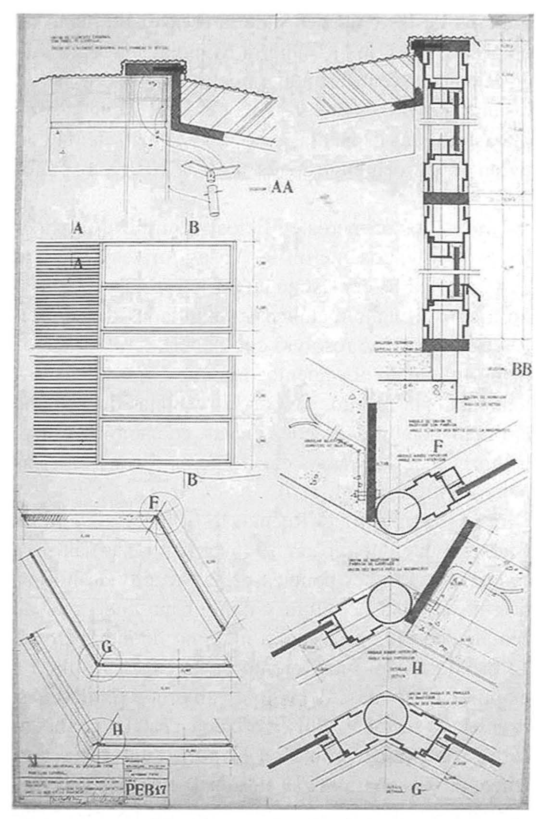


Figura 4
Detalle de los bastidores de aluminio del pabellón de Bruselas (Corrales y Vázquez Molezún, 1983)

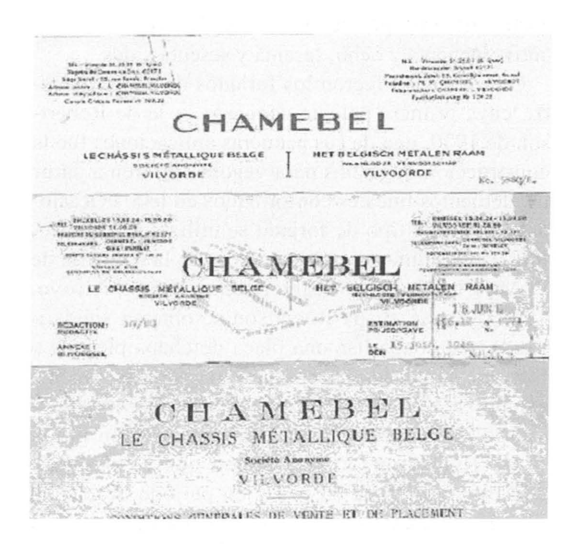


Figura 3
Cabeceras de cartas enviadas por la empresa belga Chamebel (www.delcampe.net)

Pabellón de la Feria Mundial de Nueva York de 1964

D. Javier Carvajal experimentó en los cerramientos del pabellón con paneles prefabricados de hormigón visto de gran tamaño, fabricados por la empresa italiana Cappeto.

Según Alfonso del Águila, la investigación de la prefabricación fue impulsada por la necesidad de gran cantidad de vivienda nueva resultado de la des-

trucción de las ciudades y de la escasez de mano de obra derivadas de la I Guerra Mundial. Asegura que en España se realizaron algunos intentos sin éxito en los años sesenta con el sistema Copanel y que las primeras fábricas españolas son de los años setenta con patentes de origen francés, danés, ruso y español (1986).

Uno de los primeros edificios que utilizaron paneles prefabricados fueron las casas rurales Airey de 1945. Las casas consistían en postes prefabricados de hormigón y vigas metálicas trianguladas de celosía. El cerramiento se resolvió con paneles prefabricados de hormigón de novecientos mm. de largo y doscientos cincuenta de alto. Una de las ventajas del sistema era la manejabilidad de las piezas, en cambio el diseño formal de las casass era tradicional con cubiertas de teja (Strike, 2004, 160).

Otro sistema fue el Reema, la firma Reed y Malk de Salisbury decidió en 1945 el uso de grúas para mover los grandes paneles prefabricados de hormigón de un piso de altura y doble capa que cerraban bloques de viviendas de un máximo de diez plantas. El problema del movimiento entre paneles obligó a estudiar las juntas, dejándolas abiertas, rehundidas, drenadas y selladas. Por otro lado se estableció la coordinación dimensional en la industria de la construcción y la agrupación en consorcios de los sistemas constructivos similares. Otra de las empresas constructoras dedicada a los paneles prefabricados portantes de hormigón fue Wates Ltd, que perfeccionó su sistema durante los años cincuenta y logró en los años sesenta levantar edificios de seis plantas. Los mayores ejemplos de conjuntos de vivienda colectiva con fachadas de paneles de hormigón fueron construidos en Berlín oriental (Strike, 2004, 161).

Las piezas prefabricadas del pabellón tenían forma de artesa y sus dimensiones variaban alcanzando como máximo dos metros sesenta y cuatro de alto por un metro veintiséis de ancho, cuarenta y siete de profundidad y un espesor hormigón de siete centímetros. Las piezas estaban machihembradas horizontal y verticalmente y se apoyaban en el forjado (fig. 5).

Existe gran cantidad de patentes relacionadas con el hormigón en la Oficina Española de Patentes y Marcas. Durante el periodo entre 1878 y 1929 se inscribieron ciento catorce patentes, la primera en 1900. Destacamos las ciento diecinueve patentes sobre hormigón entre los años 1930 y 1966, entre las que destacamos las de los sistemas de construcción prefabricada a base de paneles de hormigón armado en los años cincuenta y ocho, sesenta y sesenta y dos.

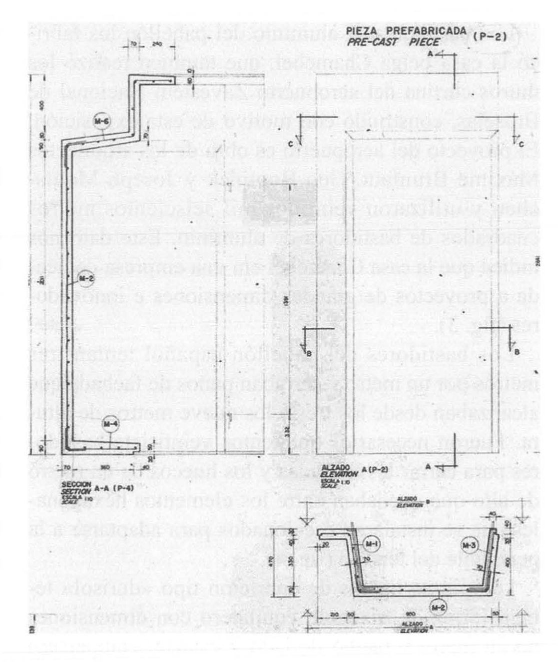


Figura 5
Detalle de los paneles de hormigón visto machihembrados en forma de artesa del pabellón de Nueva York (Proyecto original sin publicar)

Otra novedad fueron los forjados de chapa grecada, cuya primera patente conocida es la de Robertson de 1930, una de sus primeras aplicaciones fue la construcción de suelos para vagones de tren a partir de elementos lineales conformados en frío. «Ocasionalmente este tipo de forjado se utilizó en arquitectura, especialmente en las técnicas de la industria de la Mobile Home norteamericana» (Pérez Arroyo, 1991, 82). La chapa Robertson se obtenía solidarizando una chapa lisa una placa de chapa plegada o bien mediante dos chapas plegadas unidas simétricamente. Durante los años sesenta se patentaron diversas soluciones de conexión y suspensión por la firma Robertson, lo que indica que el elemento constructivo estaba en uso y en periodo de mejora cuarenta años después de ser patentados. La única patente española es de Altos Hornos de Vizcaya, data de 1985, y consiste en un perfeccionamiento del forjado mixto.

La obra se concluyó en ocho meses y costó dos mil millones de pesetas de la época, equivalentes a doce millones de euros actuales.

Pabellón de la Exposición Universal de Sevilla de 1992

D. Julio Cano Lasso en la Expo '92 no abusa de las innovaciones constructivas a pesar de tenerlas disponibles. La mayor innovación fue la adaptación al clima mediante soluciones tradicionales combinadas con instalaciones centralizadas por ordenador.

Cano Lasso afirma «creemos que la sabia integración al medio y la asociación de lo natural a los avances tecnológicos es lo que realmente define a un edificio inteligente. Por el contrario, la ostentosa exhibición tecnológica y la tecnología son, en nuestra opinión, una prueba de incultura hoy muy extendida» (1990, 11).

D. Ángel Luis Gonzalo, comisario general de la sección española para la Expo de Sevilla, afirmó «este es un edificio muy avanzado desde el punto de vista tecnológico, con control centralizado por ordenador de sus propias instalaciones y en el que se aplican los criterios de inteligencia como nunca se había hecho en España» (1992,3). Además contaba con doscientos treinta paneles fotovoltaicos para alimentación eléctrica completa de ochocientos cincuenta metros cuadrados de oficinas.

Ya en los años ochenta existieron patentes españolas para controlar el funcionamiento de aparatos y de instalaciones mediante sensores alimentados eléctricamente. Con posteriordad la transmisión de señales se realiza por radio frecuencia y por emisiones de infrarrojos.

Una de las instalaciones más destacables fue el sistema de proyección de películas de setenta mm. en un auditorio con ciento sesenta y dos butacas móviles cuyo movimiento se sincronizaba con la película. Cada butaca disponía de su propio motor y sistemas de control hidráulico y de potencia eléctrica. Todos estos mecanismos estaban coordinados por un ordenador construido por la empresa Iwerks de Los Ángeles, único fabricante de este tipo de cine (1992,12). El sistema de proyección era Movimax y se proyectaba en una pantalla de cuatrocientos cincuenta metros cuadrados con forma semiesférica (fig. 6).

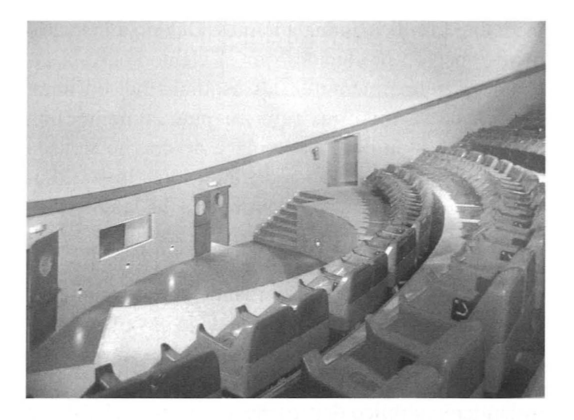


Figura 6
Interior del cine de cúpula hemiesférica del pabellón de Sevilla (Gonzalo, Ángel Luis. 1992)

La obra del pabellón se realizó en veintisiete meses ya que su superficie alcanzó más de veinte mil ochocientos metros cuadrados. El coste aproximado fue de veintiún millones de euros actuales.

Pabellón de la Exposición Universal de Hannover de 2000

Por último, D. Antonio Cruz y D. Antonio Ortiz tienen muy en cuenta la protección del medio ambiente en el pabellón de 2000 de Hannover, fue principalmente mediante la utilización de sillares de corcho en fachada y el cordobán en los tabiques interiores, ambos materiales reciclables

La concepción de la fachada exterior del pabellón, formada por cuatro mil cuatrocientos bloques de corcho, persigue una fachada compacta, ligera y con posibilidad de reciclado. No hay que olvidar que el corcho es un material natural de enorme valor ecológico, pues es uno de los recursos económicos que permite el mantenimiento de grandes áreas forestales en la zona mediterránea, muy especialmente en la Península Ibérica. De hecho, España es el segundo productor mundial de corcho.

Sobre el entramado constituido por los pilares metálicos (tubos circulares dobles o sencillos) y los elementos de arriostramiento horizontales, se colocó una chapa ondulada galvanizada. A esta chapa se fijaron anclajes industriales para fachadas de piedra,

mediante tornillos autotaladrantes. Debido a los valores de succión producidos por el viento sobre la fachada, principalmente en las esquinas del edificio, esta chapa se tuvo que reforzar puntualmente, con pletinas de aluminio. Cada placa de corcho llevaba cuatro anclajes, siendo los dos inferiores los que soportaban el peso, y los dos superiores los que fijaban el bloque para que no se moviera. Las juntas horizontales y verticales entre bloques son de diez y cinco mm. respectivamente, quedando selladas con masilla de poliuretano monocomponente. Así, la cámara remanente entre la chapa y el panel estaba ligeramente ventilada, a fin de no perder la capacidad de aislamiento térmico del corcho.

El tamaño más utilizado para los paneles de corcho es el de un bloque de novecientos cinco mm. de ancho y seiscientos mm. de altura y estaban constituidos por dos capas unidas con resinas de poliuretano: una de aglomerado de corcho de setenta mm. de espesor y otra de corcho natural de veinte mm., con canto superior biselado a 45°. Cada panel llevaba pegado en las caras superior e inferior del aglomerado dos perfiles metálicos de setecientos mm. de longitud. y un milímetro de espesor. Como unión entre el aglomerado de corcho y los angulares se emplea una solución mixta mecánica-adhesiva. Estos perfiles llevaban una ranura, coincidiendo con una ranura en el aglomerado de corcho, por el cual se introduce el pasador del anclaje (fig. 7).

El corcho, como elemento natural, no es un material estabilizado, por lo que con la incidencia de la luz solar cambia de tonalidad, virando a gris claro. Por esta razón, y para garantizar su comportamiento frente a los cambios climáticos de esta zona de Alemania, donde los niveles de precipitaciones son muy altos, en la cara exterior de la fachada —corcho natural— se le aplicó un protector de exteriores a base de siliconas, que no alteraba el aspecto del producto.

España ha sido pionera en patentes para diversas utilizaciones del corcho. En 1970 Danosa solicitó un modelo de utilidad para un nuevo tipo de panel aislante para cubierta que resolvía el problema de deformación del corcho cuando se aplica una capa de asfalto a gran temperatura. La mayor parte de las patentes tienen como objetivo la utilización del corcho con fines decorativos, datando una de las más antiguas del año 1968. El sistema de fijación adoptado en estas patentes es mediante la adherencia que, debido a la flexibilidad del corcho, absorbe las variaciones dimensionales del resto del paramento. Las últimas patentes desarrollan otros sistemas de fijación como perforaciones en las que se embute la estructura sustentante o como paneles fijos mediante clavos que se ocultan con paneles machihembrados.

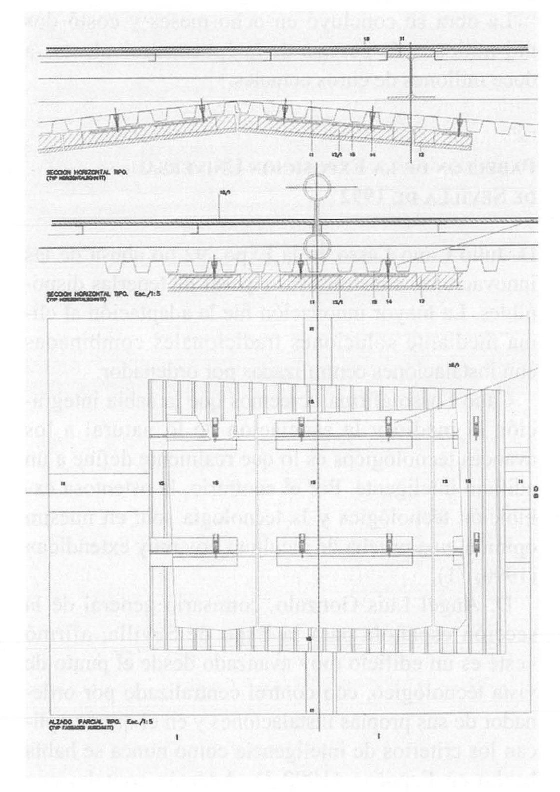


Figura 7
Detalle de la fachada con los paneles de corcho del pabellón de Hannover (Proyecto original sin publicar)

La empresa constructora fue la U.T.E OHL Hochtief realizó el pabellón en cinco meses con un coste de casi once millones de euros actuales.

Conclusión

Como hemos comprobado por todo lo expuesto, los pabellones analizados y edificados en el siglo XX fueron construidos incorporando innovaciones constructivas que fueron sorprendentes en su momento y que han llegado a popularizarse, precisamente por su

utilización en obras emblemáticas como los paneles de hormigón o de corcho. También utilizaron componentes novedosos fabricados por empresas internacionales con patentes basadas generalmente en materiales utilizados previamente por el sector industrial, como las carpinterías de aluminio.

Lista de referencias

Aguila, Alfonso. 1986. *Las tecnologías de la industrialización de los edificios de viviendas*. Madrid: COAM.

Alix Trueba, Josefina. 1987. Pabellón español. Exposición Internacional de París, 1937. Madrid, Ministerio de Cultura.

Anderson, Mark y Anderson, Peter. 2007. *Prefab prototypes: site specific design for offside construction*. New York: Ed. Princeton Architectural Press.

Cano Lasso, Julio. 1990. Proyecto ganador. *BAU*, 2/3; 11.

Canovas, Andrés. 2005. Pabellón de Bruselas '58: Corrales y Molezún. Madrid. Ministerio de la Vivienda. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Corrales, José Antonio; Vázquez Molezún, Ramón. 1983. Corrales y Molezún. Arquitectura. Madrid. Xarait ediciones.

Derek Walter. 1987, *Great Engineers: The Art of British Engineers 1837–1987*. Londres: Academy/Royal Collage of Art.

Gonzalo, Ángel Luis. 1992. Cubo blanco de cal y mármol. *Pabellón de España*. Sevilla: Pabellón de España S.A.

Gonzalo, Ángel Luis. 1992. Vientos de España. *Pabellón de España*. Sevilla: Pabellón de España S.A.

Martín Martín, Fernando. 1983. El pabellón español en la Exposición Universal en París en 1937. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Monjo Carrió, Juan. 2003. Tratado de construcción. Fachadas y cubiertas. Munillaleira.

Paricio, Ignacio. 2000. *Construcción para iniciar un siglo*. Barcelona: Ed. Bisagra.

Perez Arroyo, Salvador; Araujo Armero, Ramón y Seco Fernández, Enrique. 1991. *Arquitectura e Industria*. Madrid: Ed. Pronaos.

Rodríguez Saumell, Joaquín. 1998. *Tipologías de muros, fachadas y valores de significación de la arquitectura*. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción.

Strike, James. [1991] 2004. *De la construcción a los proyectos: la influencia de las nuevas técnicas en el diseño 1700–2000*. Barcelona: Ed. Reverté.

Yeomans, David. 1997. *Construction since 1900, materials*; London: BT Batsford, Ltd.

Etapas constructivas de la antigua parroquia de la Santísima Trinidad en Atienza (Guadalajara), en la transición del gótico al Renacimiento y posteriores del barroco

Félix Lasheras Merino
Rosa Bustamante Montoro
Alicia Castillo
Pilar Rodríguez Monteverde
Soledad García Morales

En este trabajo se identifican y detallan las diferentes etapas constructivas detectadas en la Iglesia de la Trinidad de Atienza (Guadalajara), actualmente usada como museo parroquial. Tras la destrucción sufrida en el s. XV, que prácticamente sólo dejó la cabecera románica, la iglesia se reconstruye y amplía en su parte principal a lo largo del siglo XVI, en diferentes etapas que, aunque relativamente seguidas en el tiempo, manifiestan diferencias constructivas, además de las estilísticas, que finalmente acaban incidiendo directamente en las diversas lesiones que afectan su actual estado y conservación. Posteriormente se incorporaron nuevas adiciones en los siglos XVII y XVIII. Las etapas identificadas distinguen la cabecera románica, el presbiterio tardogótico, la nave y torre del primer renacimiento, el cuerpo norte casi simultáneo, el coro y su escalera en pleno renacimiento, el pórtico de entrada, del primer barroco, y la capilla de la Inmaculada, rococó.

Introducción

El grupo de investigación reconocido *Análisis e Intervención en el Patrimonio Arquitectónico* (AIPA) de la Universidad Politécnica de Madrid está realizando desde finales de 2005 trabajos de investigación en varios municipios de Guadalajara, entre ellos Atienza, especialmente aquí en las iglesias de S. Bartolomé y de la Trinidad. La intervención en esta última se produce tras la aparición de diferentes grietas en la zona del coro, con caída de parte de una dovela de la bóveda de techo del primer tramo de su escalera. Para el diagnóstico de su problemática patológica se realizó un análisis constructivo e histórico de esta parte de la iglesia que, ampliado a su totalidad, se resume en esta comunicación.

Origen de la iglesia

La iglesia está situada al oeste de la villa de Atienza, a medio camino de la cuesta que conduce al castillo, en la ladera sureste del cerro en el que éste se construyó (fig. 1).



Figura 1
Vista general de la Iglesia de la Trinidad, desde el suroeste

Su origen está relacionado con la cofradía de arrieros conocida como de La Caballada, puesta bajo la advocación de San Julián y de la Sma. Trinidad, en conmemoración de la ayuda que los arrieros atencinos prestaron en 1163 al futuro Alfonso VIII, cuando era niño, para huir de las huestes de su tío, el rey Fernando II de León, que pretendía apoderarse de la corona castellana. La iglesia fue prácticamente arrasada en el intento de toma de la ciudad por Álvaro de Luna y Juan II en 1446, quedando tan sólo la cabecera y parte del presbiterio. La prosperidad de la población en el s. XVI posibilitó su reconstrucción, iniciada por el presbiterio, que conservó parte del primitivo románico, y siguió con la nave y la torre, donde se utilizaron algunos de los patrones característicos del Renacimiento castellano de la época, con una sola nave y contrafuertes exteriores, aunque durante las obras se debieron introducir las modificaciones y ampliaciones que, a partir de su configuración constructiva, se describen más adelante. En el contexto de esta reconstrucción no podemos olvidar que entre finales del s. XV y principios del s. XVI, Lorenzo Vázquez, bajo el mecenazgo de los sobrinos del cardenal Mendoza, primado de España, está construyendo en las tierras de Guadalajara las primeras obras renacentistas hispanas, y que poco después, entre 1512 y 1532, la catedral de Sigüenza se convierte en un potente foco del nuevo estilo por el impulso del obispo D. Fadrique de Portugal.

Descripción y fases constructivas de la iglesia

La orientación de la nave principal, de pies a cabecera, es ligeramente inclinada en dirección suroeste noreste, sobre una plataforma parcialmente nivelada del cerro del castillo, para que el descenso natural del terreno facilite el acceso a la nave en la fachada sureste, en el lateral derecho de la iglesia. En el ángulo noroeste la iglesia tiene una torre-campanario de tres cuerpos y planta cuadrada que se alinea con la nave en sus pies y sobresale de ésta por su fachada norte, aunque un posterior cuerpo constructivo eliminó el correspondiente resalte.

Cronológicamente la iglesia se ha construido en diversas fases, la mayoría de las cuales se ha identificado, por las diferencias de aparejos y fábricas, contrastadas con las estilísticas, y por las lesiones (grietas y roturas de sillares) en las interfases de adosamientos o intersección de muros y bóvedas. Así, hemos identificado siete etapas constructivas suficientemente homogéneas. Son las siguientes:

- Cabecera, del s. XII–XIII.
- Presbiterio, entre los s. XV–XVI.
- Nave y torre, de principios del s. XVI.
- Cuerpo norte, casi simultáneo con el anterior, del s. XVI.
- Coro y escalera, de mediados del s. XVI.
- Pórtico de acceso, del s. XVII.
- Capilla sur, entre los s. XVII–XVIII.

La cabecera románica

Es la parte más antigua de la iglesia y valorada por diferentes autores, por su estilo románico. Está formada por el ábside semicircular, con tres pequeñas ventanas características de su estilo, prolongándose con la parte del presbiterio que no está reconstruida (fig. 2). De cuidada sillería de arenisca rosa, debió construirse hacia 1200, tal vez por los mismos maestros que construyeron las cercanas de S. Bartolomé,[1] en Campisábalos, Sta. Coloma[2] en Albendiego.

Por el exterior, el muro aparece recorrido horizontalmente, a media altura en coincidencia con el arran-

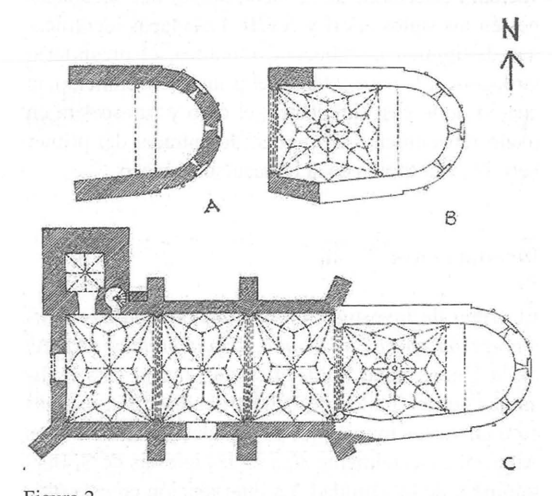


Figura 2
Cabecera románica, presbiterio tardogótico y nave renacentista. Ocupación

que de las ventanas, por una imposta con motivos vegetales tallados con un marcado claroscuro que continúa por los muros laterales del presbiterio, aunque actualmente solo permanece a la vista parte del muro sur, hasta quedar dentro del cuerpo de la capilla de la Inmaculada. Conserva parte de tres columnas aunque en su origen eran cuatro, situadas entre las ventanas, dividiendo el ábside en cinco *calles*. Arrancan a media altura sobre ménsulas con cabezas talladas, algunas muy deterioradas. Las ventanas tienen arquivoltas interiores que se apoyan sobre columnas de capiteles con decoraciones vegetales (fig. 3). En la coronación del muro se distingue con claridad una reparación que, sustituyendo al alero, originó la pérdida de los capiteles de las columnillas y de los canecillos, reconstruyendo la última hilada; por el estado de conservación de los sillares, en comparación con el resto, parece relativamente reciente (fig. 4). También el zócalo hasta unos 1,50m de altura, es una fábrica nueva.

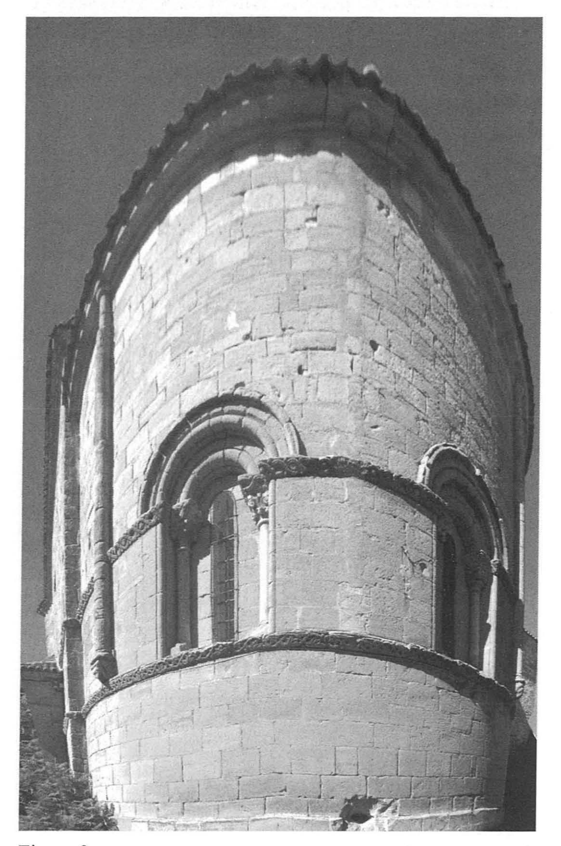


Figura 3
Ábside de la cabecera románica



Figura 4
En la reconstrucción de la coronación del ábside, se eliminaron los canes

En el interior, unas columnas policromadas de fuste circular separan el ábside del primer tramo de la cabecera, entre este y el presbiterio. El retablo oculta su construcción pero es probable que entre el presbiterio y la bóveda de horno del ábside, permanezca parte del cañón de la primitiva bóveda. Las columnas que separan el ábside del presbiterio conservan el tratamiento que debían tener en correspondencia con el retablo del s. XVII, anterior al actual, que es del s. XVIII. En resumen, la cabecera se debió construir en fechas a caballo entre los siglos XII–XIII.

Reconstrucción tardogótica del presbiterio románico

El volumen del presbiterio sobresale del ábside, montando parcialmente sobre él, manifestándose un cierto desfase entre las bóvedas de ambos cuerpo, y que ya dijimos podría corresponder a parte del cañón románico primitivo (fig. 2a). Todo el cuerpo mantiene la tónica de la sillería de la cabecera, a la que prolonga, y con la se engarza sin problemas, conservando incluso sus impostas, lo que es natural pues pertenece a la construcción original. Es notable la falta de paralelismo de los muros laterales que, desde

el ábside, empiezan a abrir su separación de forma divergente. Dispone de dos pequeños contrafuertes longitudinales, apenas salientes, que prolongan hacia la cabecera a los muros laterales del presbiterio, con los que enrasan sus caras. La reconstrucción, de finales del s. XV o, más probablemente de principios del s. XVI, se empieza a notar hacia el centro de ambos muros, tanto desde el exterior como por el interior, en los que se marca una línea sensiblemente vertical que señala la discontinuidad del aparejo y la forzada reconstrucción de la fábrica, para lo que se aprovecharon buena parte de los sillares originales. Esta reconstrucción debió coincidir con la ejecución de una nueva bóveda, de traza gótica, de la que hablaremos después (fig. 5).



Figura 5
Muro sur del presbiterio. A la derecha se observa un pequeño contrafuerte. Sobre la ventana se marca la discontinuidad de la fábrica original con la reconstruida

En el interior es interesante observar que en el muro sur, donde la citada discontinuidad coincide con la jamba oeste de la ventana central del paño, se conserva, en la parte no reconstruida, otra ventana, más baja y cercana al ábside, casi totalmente oculta por el cuerpo de la capilla de Inmaculada. Esta ventana, de traza románica, aparece interiormente abocinada y con dos arquivoltas y arcos de medio punto, entre los que se coloca un baquetón que se transforma, sin solución de continuidad, en dos columnillas laterales. Bajo la ventana se inserta, forzadamente, una hornacina de arco rebajado, junto a cuyo salmer derecho puede observarse una piedra reutilizada tallada para servir de basa a una columna, y que se colocó transversalmente a su posición natural. En este mismo paño también se inserta el arco de entrada a la capilla de la Inmaculada y el de paso al púlpito. Todos estos elementos, en definitiva, se suman a las modificaciones del muro sur que se fueron produciendo a lo largo de los años. Curiosamente además, y solo por el interior, parece que la reconstrucción del muro intentó recuperar su paralelismo con el del lado norte, quebrando así su paramento para cerrarse

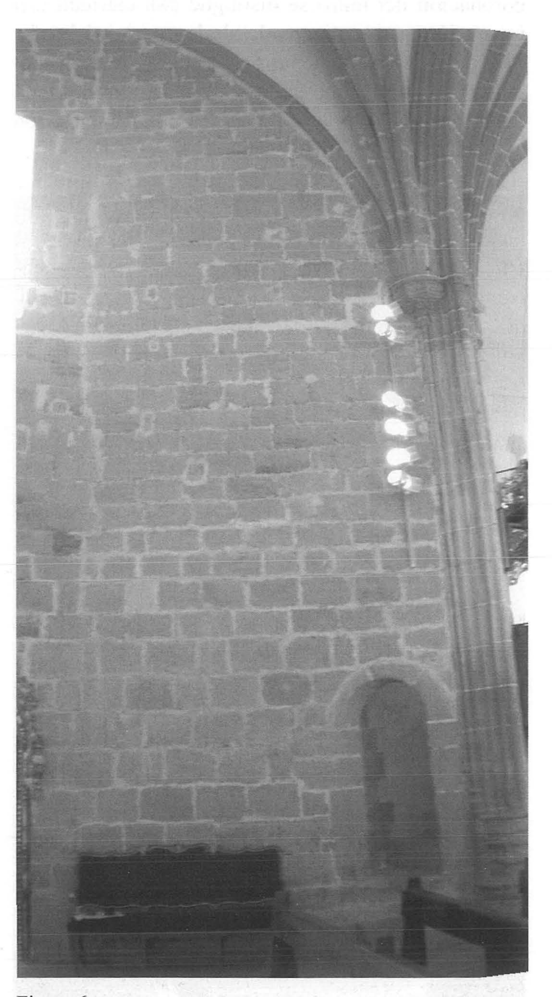


Figura 6
Interior del muro sur del presbiterio. La discontinuidad de la reconstrucción es muy apreciable

hacia el arco triunfal que, sin embargo, mantiene su posición centrada y simétrica respecto al altar, sin que, por las trazas y aparejo de la fábrica quepa ninguna duda respecto a la coetaneidad de este muro con la reconstrucción del presbiterio (fig. 6). Por el exterior, sin embargo, se mantiene la alineación del muro sur.

El espacio ocupado al presbiterio por el quiebro del muro permite alojar en su grueso la escalera de subida al púlpito, situado a la derecha del arco triunfal, en el lado de la epístola. Es muy interesante el arco que da paso a la escalera (fig. 7), trazado y tallado con tres dovelas en esviaje, lo que nos indica el interés por mostrar la maestría con la que se trabajó en él.[3] No obstante, su inserción en el aparejo del muro resulta un tanto forzada, y su encuentro con el pilar derecho del arco triunfal es un tanto torpe, lo que nos indica claramente que su apertura es posterior a la construcción de esta parte del muro. Por otro lado no parece que tuviera mucho sentido disponer un púlpito cuando no se había construido la nave; también resulta poco probable, a la vista de la discontinuidad que presenta la nave con el presbiterio, que durante la construcción de éste se previera la del púlpito. En consecuencia pensamos que el acceso al púlpito podría pertenecer a la fase constructiva de la nave o, también, a la ligeramente posterior del coro, aunque el púlpito, de hierro forjado, más parece obra de finales del s. XVIII.

La bóveda del presbiterio es el elemento más significativo de esta fase de reconstrucción. Queda separada de la nave por un arco triunfal, apuntado, que nace de dos columnas compuestas cuyas basas mantiene un diseño tardogótico, y en cuyos fustes, a la altura de los capiteles, aparecen unas cabezas de ángeles con 4 alas, dos extendidas y dos cerradas que son más renacentistas que góticos.[4] La traza de la bóveda, en nuestra opinión, es de principios del s. XVI, aunque Layna lo fecha en la segunda mitad del s. XV. Junto con los arcos cruceros, terceletes, y ligaduras, la clave central se rodea por cuatro lóbulos que sin llegar a tocar a las claves secundarias de los encuentros entre terceletes y ligaduras, forman su propias claves en los arranques sobre los cruceros y en los cruces con las ligaduras. Desde los terceletes, y cortando a los cruceros, se trazan cuatro nervios combados hacia las jarjas, que también marcan con claves terciarias los puntos de arranque en los terceletes y los de corte con los cruceros. Finalmente, de las claves de los arcos fajones y formeros salen unas incipientes patas de gallo (en realidad combados) hacia estas claves terciarias de las que parten los combados anteriores. Así, además de la clave central, se forman otras 24 claves, todas ellas taladradas, aunque sólo hay un pinjante central, siendo posible que se hayan perdido los otros, aunque también puede que nunca llegaran a montarse (fig. 8). En su conjunto, la traza nos recuerda a las de Rodrigo Gil de Hontañón (1500–1577) en la iglesia de Villacastín,[5] aunque esta se enriquece con contraterceletes.

En uno de los arcos cruceros aparece pintada la fecha de 1970, también es apreciable la reconstrucción de algunos tramos de las nervaduras, de cuyas fechas no tenemos más datos.

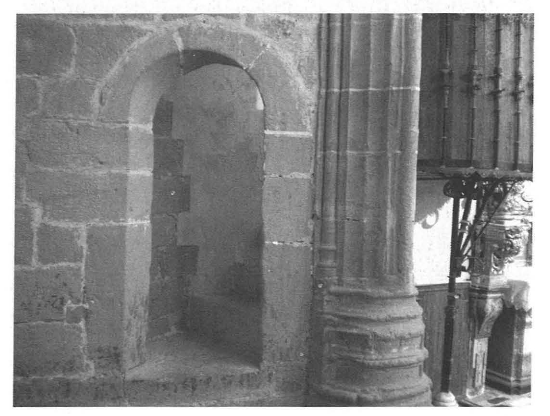


Figura 7
Arco esviado en «viaje contra viaje» de paso al púlpito

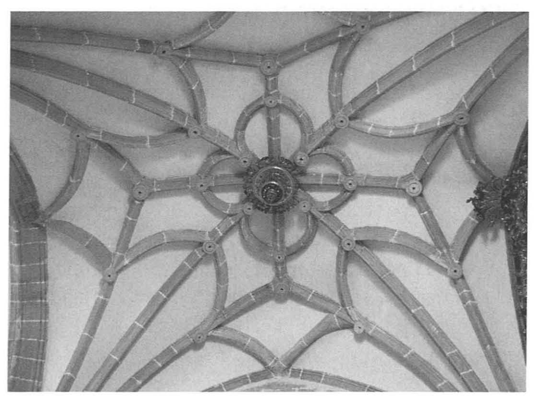


Figura 8
Bóveda del presbiterio con 24 claves más pinjante central

Nave central y torre

No mucho después de haberse terminado el presbiterio se debió iniciar la (re)construcción de la nave, tal vez modificando la dirección de la primitiva girándola hacia el norte, lo que pudiera justificar el quiebro del muro sur del presbiterio (fig. 2c). Los muros de esta construcción, a diferencia de los de la cabecera y presbiterio, son de mampostería con sillarejos en algunas zonas aleatorias, aunque los contrafuertes, escalonados con tres cuerpos, son de cuidada sillería de arenisca, al igual que la torre, al menos en sus caras exteriores (fig. 9). El muro de los pies no parece enjarjar en el de la torre; sin embargo nave y torre deben corresponder a la misma etapa, pues mantienen una configuración constructiva coherente, además de otras concordancias que se describen más adelante.



Figura 9
Primer tramo del muro sur de la nave

La nave tiene tres tramos, con la torre en la cara norte del último de ellos (pié). En las tres esquinas libres, incluyendo las que están en contacto con el presbiterio, se dispusieron los contrafuertes diagonalmente para contener el empuje de los arcos cruceros de los tramos extremos, lo que no se hizo en la esquina ocupada por la torre, pues su masa hace innecesaria esta disposición. Los muros arrancan con una zarpa continua de unos 3m de altura que recorre exteriormente todo el perímetro de esta fase constructiva.

En el interior, las bóvedas arrancan de unas semicolumnas que, adosadas a la cara interior de los muros longitudinales, tienen un fuste cilíndrico y liso, sobre sencilla basa cilíndrica, y con capitel compuesto con pequeñas volutas corintias que salen del fuste liso que se termina con collarino precedido por un anillo o bocel. Esta solución nos remite a un momento en el que se ha superado el llamado *plateresco* pero en el que todavía permanecen esquemas estilísticos *modernos* que prolongan a los góticos, antes de adoptar definitivamente los llamados entonces *romanos*. Las bóvedas de los tres tramos mantienen la misma traza. Sus nervaduras configuran un patrón estrellado, con una traza que repite la utilizada por Diego de Riaño (m.1534) en el refectorio de la Cartuja de Jerez de la Frontera (Cádiz) poco antes de su muerte. Están formadas, además por los arcos cruceros o diagonales, por un cuadrifolio de combados terminados por un conopio o *pata de gallo* en su encuentro con las claves de los arcos formeros y perpiaños, y por una cruz de ligaduras que unen las claves de los terceletes con la polar, constituyendo así una estrella de 17 claves,[6] todas ellas con relieves en su intradós y perforación sólo de la central, en lo que también se diferencian de la bóveda del presbiterio (fig. 10).

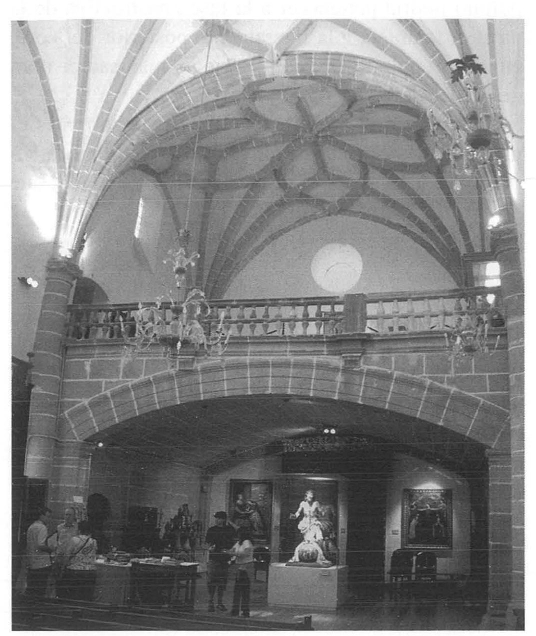


Figura 10
Último tramo de la nave y coro

Es interesante advertir que los arcos perpiaños son, prácticamente, de medio punto, mientras que los formeros son muy levemente apuntados, debido a que los tramos son prácticamente cuadrados; esto hace que el perfil de las bóvedas sea muy cercano al de las baídas, aunque en las nuestras el rampante es sensiblemente más plano sin llegar a ser recto. En la clave del arco fajón que separa el tramo de los pies del central, aparece grabada la fecha de 1911, probablemente de alguna reparación o reconstrucción de la que no tenemos más datos.

La torre tiene una proporción 1:3 (figs. 1 y 11), lo que puede considerarse como poco esbelta para la teoría renacentista que, siguiendo a Alberti,[7] proponía que ésta se mantuviera entre 4 y 6. El espesor en su base es del orden de 1/10 de su altura, lo que puede estimarse como bastante conservador, pues es casi el doble de lo que algunos expertos proponían. Consta de tres cuerpos y tiene un campanario al que se accede a través de una escalera de caracol situada en el ángulo SE de la torre, dentro de sus muros, que se montan sin aparente solución de continuidad con los de la nave, lo que también muestra su contemporaneidad. De forma un tanto anómala, aparece un solo contrafuerte que monta sobre el muro longitudinal de la nave (fig. 12). No hay bóvedas cuyo empuje hubiera que contener, y el grosor de los muros es del orden del doble de los de la nave, y un 25% más que los contrafuertes de ésta, por lo que no es fácil hacer una hipótesis sobre esta circunstancia salvo, tal vez, por la ubicación en este ángulo del caracol de subida al cuerpo de campanas. En la base hay una pequeña capilla, actualmente con un pila bautismal románica, cubierta con una simple bóveda de arista, pero que nos vuelve a confirmar la simultaneidad constructiva de torre y nave: las jarjas de los nervios, y sus ménsulas de apoyo, son idénticas a las de la bóveda del primer tramo de la nave, en su contacto con el presbiterio, que aquí carece de las columnas que aparecen en el resto de la nave.



Figura 11
Torre. Se ve el contrafuerte del ángulo sureste

La portada de la iglesia es sencilla. Aparece flanqueada por dos columnas dóricas de canon un tanto dubitativo. Sobre el entablamento se colocó una venera actualmente vacía y parcialmente tapada por la bóveda del atrio, del que hablaremos después. Pensamos que esta parte es de la cuarta o quinta década del siglo.

El cuerpo norte

Este cuerpo ocupa todo el lateral norte de la iglesia, desde la torre, con la que se enrasa, hasta el presbiterio, al que tapa, interrumpiéndose al llegar a la cabecera (figs. 12 y 13d). Está construido con una mampostería más irregular que la de los muros de la nave, y también arranca con un zócalo con zarpa que sobresale del resto del paramento, aunque aquí es más bajo que en los muros de la nave. De los pies a la cabecera, en la planta baja, se ubican la capilla de las Espinas, a la que se accede por una puerta desde el tramo central de la nave, la sacristía y antesacristía, con acceso desde el primer tramo, y la capilla de los Ortega, a la que se accede desde el presbiterio, a través de un arco renacentista de ortodoxia clasicista, aunque se cubre con una cúpula semiesférica del s. XVII.

Fijándonos en su construcción, este cuerpo no debió construirse mucho después que el anterior, si no fue simultáneo con él a pesar de sus diferencias, aunque ha tenido reformas posteriores. El único acceso a

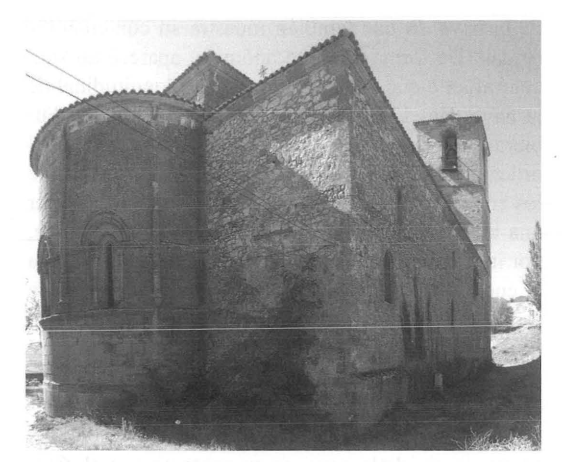


Figura 12
Cuerpo norte

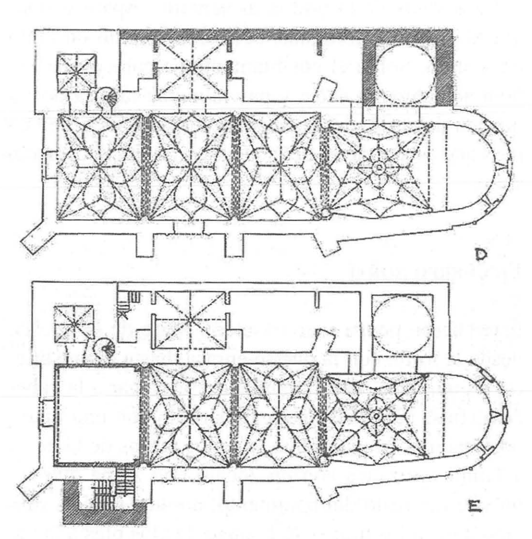


Figura 13
Cuerpo norte, y coro con escalera del s. XVI. Ocupación. Ocupación

la planta superior de la torre es a través de este cuerpo, lo que es contradictorio con la hipótesis de que ambos no se construyeran a la vez, pues esta planta de la torre no hubiera tenido acceso. Sin embargo, la portada de la capilla de las Espinas corresponde más a un anterior periodo *plateresco* del primer tercio del s. XVI como muy tarde. Sin embargo, los ángeles pintados en el frontón, que más parecen del s. XVII, y la terminación de éste con una especie de conopio cortado por una clave con jarrón en bajorrelieve, así como los remates con bolas exentas más propias del *manierismo* nos permiten plantear la duda de si esta puerta no haya sido reutilizada y estuviera originalmente en otro lugar o, incluso, se hubiera compuesto con elementos de diversa procedencia. En cualquier caso, la puerta parece seguir la estela de otras no muy lejanas, como las del palacio de Mendoza, en Guadalajara, la del derruido convento S. Antonio en Mondéjar, y las de la catedral de Sigüenza, las dos primeras de Lorenzo Vázquez.[8] Por el contrario, la puerta a la capilla de los Ortega es más canónica y propia del manierismo. Enmarcada por columnas bastonadas en su tercio inferior, y nicho superior con frontón partido, tiene su intradós encasetonado. En ella pueden detectarse la influencia de otros maestros, como pudiera ser la última etapa de Covarrubias (1488–1570), que trabajó en Guadalajara y en Sigüenza. En el friso puede leerse la fecha de su construcción: 1582.

En la planta alta de este cuerpo se observa, perfectamente limpia y sin síntomas de meteorización, la pared norte de la nave, indicando que ésta no debió permanecer mucho tiempo a la intemperie. En el exterior es interesante observar las diferencias entre las ventanas, las de aspillera, de posible reutilización, así como la reja de la ventana de la sacristía alta. En resumen, pensamos que este cuerpo debió plantearse inmediatamente después del inicio de la torre, y de la nave, o ser parcialmente coetáneo con ellas, y de los años centrales del siglo.

El coro y la escalera renacentista

Antes de concluirse la nave, o inmediatamente después, se introduce a sus pies el coro, que parece no haberse previsto en las trazas iniciales de la nave (fig. 13e).

La bóveda del coro, con un perfil escarzano (medio punto rebajado) e intradós liso, se apoya en muros laterales propios, de sillería de unos 25 cm de espesor adosados a los originales, con los apenas mantienen alguna trabazón, como se observa en las puertas de subida al coro y a la torre. El frente de la bóveda hacia la nave se remarca con un friso o entablamento arqueado que sigue su perfil, con tres fajas en la canónica proporción 3:4:5 publicada por Diego de Sagredo,[9]

que apoya y enlaza con sendas pilastras cajeadas que también remiten al exterior del cuerpo de la escalera (fig. 10).

Para acceder al coro, se construyó exteriormente un cuerpo independiente y adosado a la nave por su cara sur, a partir del rincón formado por uno de los contrafuertes. Es de cuidada sillería calzada con esquirlas de pizarra, y difiere claramente de la mampostería de la nave. Por la falta de correspondencia entre hiladas exteriores e interiores debe ser *a dos haces,* con un relleno de cal y canto intermedio.[10] Se cubre con dos pequeñas bóvedas nervadas apoyadas sobre ménsulas situadas en los rincones y centros de los muros, quedando así *a caballo* entre las dos construcciones. Carecen de arcos cruceros, y despiezan la plementería en abanico, solución constructiva no muy utilizada en España y que nos remite a Juan Guas (m. 1496). Las claves se unen por nervios combados y convexos hacia el ápice de la bóveda, formando así un trazado de cuatro lancetas.

Por el exterior, el relieve de la fábrica marca unas pilastras y molduras de canon toscano similares a las que enmarcan el vano frontal del coro. La cornisa dispone de tres gárgolas, en las esquinas y centro, y sobre la cubierta sobresalen encima de ellos, a modo de pináculos, tres balaustres. La segunda meseta tiene una ventana recercada con molduras y frontón clasicistas, muy diferente a la de la primera, que es un simple hueco abocinado rematado con un arco de medio punto. En definitiva, coro y escalera pueden ser de los primeros años de la segunda mitad del siglo.

El atrio barroco

El pórtico de entrada sur de la iglesia, para proteger su portada, se adosó en el siglo XVII (fig. 14f), como denotan las dos placas recortadas que cuelgan de los extremos del arquitrabe, elementos muy de moda a finales de este siglo. Es curioso, sin embargo, que la ménsula de la clave del arco tenga un relieve muy parecido al de la pilastra central de la balaustrada del coro, con un característico cordón central (fig. 15).

El atrio se cubre con una bóveda escarzana cuyo muro de apoyo izquierdo, como en el caso del coro, se adosa al de la caja de la escalera y al estribo del muro de la nave, lo que vuelve a marcar el imperfecto enjarje del correspondiente trasdosado. La clave de la bóveda, torpemente, tapa el remate superior de

Figura 14
Atrio, s. XVII y Capilla del s. XVIII. Ocupación



Figura 15
Atrio, s. XVII

la venera de la portada renacentista de la iglesia, que queda así bastante desvalorada.

Por el interior de la iglesia, en el cortavientos de madera situado tras la portada, aparece marcada la fecha de 1697, pero pensamos que el atrio debe ser algo anterior.

Cuerpo sur rococó, capilla de la Purísima Concepción

Dos siglos después de iniciadas las obras de reconstrucción-ampliación se adosa en la cara sur del presbiterio una nueva capilla (fig. 14g) que se decora interiormente con un primoroso rococó. En esta operación se eliminan las impostas exteriores del cuerpo de la cabecera que quedan tapadas por la nueva capilla. El acceso desde el presbiterio se hace a través de un hueco de medio punto cuyo trazado anodino está actualmente disimulado por unas rocallas sobrepuestas. Por el exterior, actualmente, los muros aparecen toscamente enfoscados con mortero de cemento, aunque se puede observar el liso apilastrado asimétrico del muro, y el recercado recortado de sus ventanas (fig. 5). Según la documentación consultada[11] la capilla se construyó en 1767–68.

Intervenciones contemporáneas

Podemos apreciar diferentes restauraciones apenas documentadas. A ellas responderían las fechas de 1911 en el arco entre el segundo y tercer tramo y la de 1970 en uno de los nervios de la bóveda del presbiterio, cuando tal vez, también, se renovara la cubierta y se reconstruyera parte de las cornisas, cuyo perfil conserva el original del cuerpo norte, aunque lo unifica diacrónicamente con el presbiterio. También es probable que sea de esta época la coronación del ábside. Por otro lado sabemos que hace poco más de 20 años se procedió a la reconstrucción del ángulo suroeste de la torre que había llegado a derrumbarse,[12] siendo evidentes los nuevos sillares.

Conclusiones

El análisis del edificio nos ha mostrado que está formado por diferentes cuerpos constructivos que, adosados y apenas trabados entre sí, manifiestan su relativa independencia rompiendo los escasos vínculos constructivos que los ligan, lo que afecta a su conservación y patología. La mayor parte de la iglesia corresponde a una época de transición que, en pocos años, cambia de planteamientos *goticistas* a *renacentistas* y *barrocos*, formando un conjunto que se resolvió adosando los elementos descritos, de donde se derivan los daños que actualmente presenta la zona del coro y atrio de entrada.

Los cuerpos adosados han originado el ocultamiento de fábricas y elementos constructivos significativos, como son la ventana románica del presbiterio, los contrafuertes del lado norte y dos del lado sur, la bóveda de los Ortega, etc. También hemos identificado algunos elementos constructivos anómalos sobre los que persisten las correspondientes incógnitas, entre ellos el quiebro del muro sur del presbiterio, la puerta del lado oeste, a los pies de la iglesia, y con un carácter tan secundario, los mínimos contrafuertes de la pared este del presbiterio, montados sobre la cabecera y el contrafuerte análogo de la torre, el acceso a la planta de ésta, el arco esviado del púlpito, la clave ménsula del atrio, etc.

Hemos constatado la calidad y valor intrínseco artístico y constructivo de algunos elementos de la iglesia, como son, principalmente, sus bóvedas, el arco de acceso al púlpito y la portada de la capilla de las Espinas, con los que recordamos a los grandes maestros de su época.

Finalmente, hemos comprobado que, metodológicamente, el estudio de las fases constructivas, en correspondencia con la historia y el estudio estilístico del edificio, es imprescindible para valorar técnicamente el estado actual y las lesiones que presenta.

Notas

1. Layna [1935] 1971, 55; Sanz López 1976, 82.
2. Sanz López 1976, 82.
3. Aunque no muy utilizado, el trazado conocido como «viaje contra viaje», es conocido desde el medioevo. Aparece someramente indicado en el cuaderno de dibujos de Villard de Honnecourt (S.XIII), fº20 (i), así como, ya en época renacentista, en el *Premier Tome de l'Architecture* de Ph. De l'Orme (1567) cap.IX, fº69, y los manuscritos de Vandelvira, de finales del s. XVI (Titº 36, fº27vº) y en el coetáneo de G. Martínez de Aranda, p.15–16.

4. Parece ser que se usaron por vez primera en la Sacristía Vieja de S. Lorenzo (1419–1422) en Florencia, decorada por Donatello (Vera Boti 2004, 39).
5. Rodrigo Gil dio las trazas, conforme a las cuales se inició la construcción en 1529, aunque no se terminó el primer tramo hasta 1627. En 1746 se reanudaron las obras, manteniendo la traza original, aunque se ejecutaron con ladrillo (Gómez Martínez 1998, 236)
6. En esta época, la riqueza del diseño de la bóveda, en correspondencia con la de la iglesia, se medía por el número de sus claves. Este número es un valor medio-alto en cualquier caso menor que la del presbiterio.
7. Ver LºVIII, CºV. En la traducción de Lozano, de 1582, p. 245, líneas 15 en adelante. Obviamente, según nuestras hipótesis, la construcción de la torre es anterior a la publicación en España de este texto.
8. Las obras de Lorenzo Vázquez se sitúan a caballo entre los s. XV y XVI, mientras que la portada de Sigüenza, atribuida a Francisco de Baeza, se construyó en la tercera década del s. XVI (Cervera Vera 1986, 844).
9. Medidas del Romano. Toledo, 1526. Posteriormente hubo otras ediciones.
10. También ésta es la constitución de los muros de la torre, como se describe en el artículo citado relativo a su reparación.
11. Sanz López, S. 1976, 82 y Nieto et al. 1991, 202.
12. Las obras fueron dirigidas por la arquitecta Dª Amparo Berlinches Acín y por el aparejador D. Federico Prieto Pequeño, quien publicó un resumen de los trabajos realizados en la revista del Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid, BIA 1986.04 (89) 52–55. La memoria de la intervención, con nº 294/84–5 y signatura 26/1310 se conserva en el Archivo General de la Administración (AGA).

Lista de referencias

AA.VV. 1983. *Inventario del patrimonio artístico y arqueológico de España. Guadalajara y su provincia.* Madrid: Mº Cultura. ISBN: 84–7483–270–5.

AA.VV. Sanz López, S. 1976. *Caminos de Sigüenza y Atienza.* Madrid: Autor-Editor 1064. ISBN: 84–400–8314–9.

Cervera Vera 1986: «Arquitectura renacentista». En *Historia de la Arquitectura Española, vol.3.* Zaragoza: Planeta, Exclusiva de Ediciones, S. A. ISBN: 84–86498–03–1 tomo 3.

De la Garma, D., Puerta E. 2000. *Rutas del Románico en la Provincia de Guadalajara.* Valladolid: Castilla Ediciones. ISBN: 84–86097–89–4.

Gómez Martínez, J. 1998. *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de crucería.* Valladolid: Universidad de Valladolid. ISBN: 84–7762–845–9.

Layna Serrano [1935] 1971. *La Arquitectura Románica en la Provincia de Guadalajara.* Guadalajara: Aache Ediciones. ISBN 84–95179–58–X.

Nieto Taberné, T., Alegre Carvajal E., Embid García M. A. 1991. *El Románico en Guadalajara.* Ed. Estudio Museo. ISBN: 84–404–9310–X.

Román, C., Larrumbe. 2006. *Arquitectura y Urbanismo de Guadalajara.* Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. ISBN: 84–7788–384–X.

Vera Boti, A. 2004. *Elucidario. Arquitectura del Renacimiento.* Murcia: R. A. Alfonso X el Sabio. ISBN: 84–96308–11–1.

Hipótesis sobre la forma y construcción del faro de La Coruña conocido como la «Torre de Hércules»

Pablo Latorre González-Moro

El faro que se sitúa a la entrada del puerto de La Coruña es conocido desde antiguo como la «Torre de Hércules»[1] y señaliza y protege desde su construcción la entrada a las rías de La Coruña y Ferrol. La estructura de época romana es sólo el núcleo interior del antiguo faro que tenía un volumen mucho mayor. A pesar de esto, constituye el resto más importante de los faros conocidos en la antigüedad y una de las construcciones con mayor altura de las conservadas en el mundo romano.

Esta estructura fue utilizada como cantera durante la Edad Media, lo que provocó la desaparición de sus fachadas y su función como faro, transformándose en una atalaya defensiva. En época moderna se suceden diversos intentos para recuperar su uso hasta que, al final del reinado de Carlos III, se realiza su reconstrucción definitiva que forra la estructura arruinada del antiguo faro romano con unas nuevas fachadas que constituyen el fuste de un nuevo cuerpo octogonal sobre el que se sitúa el fanal. La obra neoclásica del ingeniero naval Eustaquio Giannini contó en su concepción con la colaboración del Académico de la Historia e ilustre polígrafo coruñés José Cornide que documentó los restos conservados (VVAA 1991:102, fig. 1), redactó un estudio monográfico de la historia del monumento y describió las características más relevantes de la reconstrucción, justificando su relación con el antiguo monumento (Cornide: 36).[2]

A pesar de su importancia, como obra de la ingeniería romana, la Torre de Hércules ha quedado apartada de los tratados sobre arte y arquitectura por la falta de visibilidad y la dificultad que existe para su comprensión, al estar sus restos más importantes ocultos por la fábrica neoclásica.[3] Ésta ha sido igual-

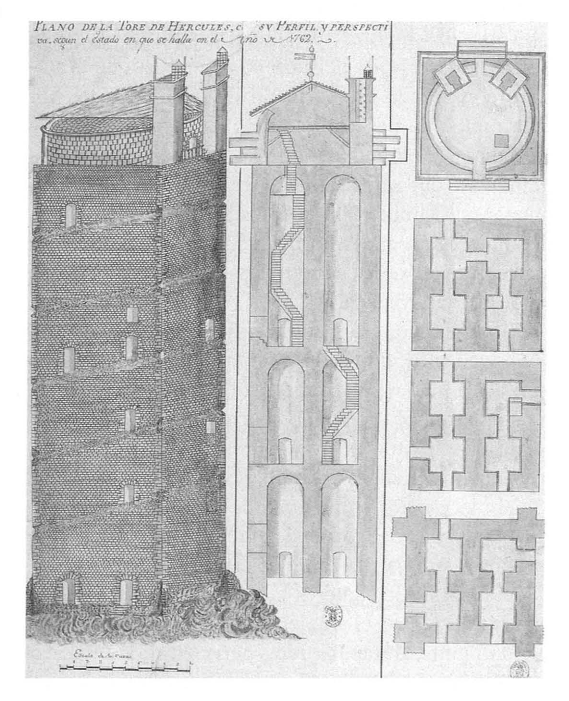


Figura 1
Plano de la Torre de Hércules en 1762, antes de la restauración neoclásica. De probable autoría de J. Cornide. Biblioteca Nacional

mente tratada de un modo tangencial, ya que su composición es tremendamente heterodoxa al verse obligada a adaptarse a una estructura previa e incluir en su composición referencias a la estructura romana que está reutilizando. Además, la altura del edificio, la escasez de vanos en su fábrica y las dimensiones de la cornisa que remata su fuste impiden apreciar la calidad constructiva de muchos de los detalles de esta intervención.

Hipótesis sobre la forma y el origen del antiguo faro

La construcción de la «Torre de Hércules» es, como ya estableció Cornide durante su reconstrucción, de época romana y su fundación se realiza, casi con toda probabilidad entre los siglos I y II d.C., como lo testifica su tipología constructiva, el material arqueológico recogido en la excavación de la plataforma y los caracteres de una inscripción tallada en una roca a los pies de la misma.[4]

Todas las hipótesis planteadas para describir la forma desaparecida del faro coinciden en que el núcleo conservado estaba recorrido exteriormente por una rampa de desarrollo helicoidal desde la que se accedía a la parte superior y a los distintos recintos interiores, que serían utilizados como residencia o almacenes. También parecen estar de acuerdo todos los autores en que la torre estaba rematada con una estructura cilíndrica con dos puertas en sentido opuesto y abovedada.

Sin embargo, estos autores difieren en la concepción y construcción de esta rampa, que al ser perimetral al edificio definía la forma del faro. Hutter plantea una rampa volada construida con sillares en ménsula empotrados en el muro del núcleo interior y rematada con una barandilla de madera (Hutter 39). Según este autor en ninguna de las imágenes e ilustraciones más antiguas existentes de la torre aparece ningún rastro de este muro de cerramiento.[5]

El resto de los autores creen que la rampa estaba soportada entre el núcleo conservado y un muro actualmente desaparecido, perimetral a la torre. Hauschild compara nuestro edificio con las imágenes y restos de faros conservados de época romana y plantea la imposibilidad constructiva de la solución de Hutter (Hauschild 94)[6] afirmando que la rampa estaba construida con losas planas que se apoyaban en un extremo en la estructura conservada y en el opuesto en un muro con un aspecto exterior macizo y liso en toda su altura, roto únicamente por unas pequeñas ventanas. Urgorri realiza un estudio de las medidas del faro y plantea una solución escalonada también muy maciza dando a la torre el aspecto de un zigurat.

A pesar de su antigüedad la propuesta de Cornide que fue, de todos los autores mencionados el único que pudo observar el monumento antes de ser forrado por la obra neoclásica, es la más aceptada en la actualidad. Cornide dató como de época romana las estructuras conservadas, dando a las explicaciones sobre su fundación por Hércules su verdadero carácter legendario. Según este autor, la rampa se apoyaba en una estructura perimetral al núcleo constituida por ocho pilares unidos por arcos y estaba construida sobre una bóveda —similar a las construidas en el núcleo interior— de desarrollo helicoidal (Cornide 27).[7]

Problemas de investigación y método de trabajo

Cuando en el año 1992 acometimos la restauración (Latorre 1993)[8] de este importante monumento nos planteamos como uno de los objetivos prioritarios de este trabajo la investigación y documentación de la fábrica del faro. Sabíamos que sólo con los medios auxiliares disponibles en el desarrollo de una obra de restauración era posible documentar el material romano conservado definiendo el estado de ruina que alcanzó antes de su restauración y avanzar en el conocimiento de su forma y construcción original. Este trabajo también era necesario para evaluar la importancia de la transformación de la obra neoclásica y estudiar los detalles de la cantería de la cornisa y el remate superior. El método empleado siguió las siguientes fases de trabajo:

a. Planimetría.[9] La geometría de la torre tiene multitud de puntos completamente inaccesibles, tanto en el interior como en el exterior, que impiden su ejecución con medios tradicionales. Realizamos los alzados del exterior neoclásico por fotogrametría terrestre (fig.2), sin embargo las dimensiones tan reducidas en planta y la altura de las bóvedas de los recintos interiores romanos no permitían la utilización

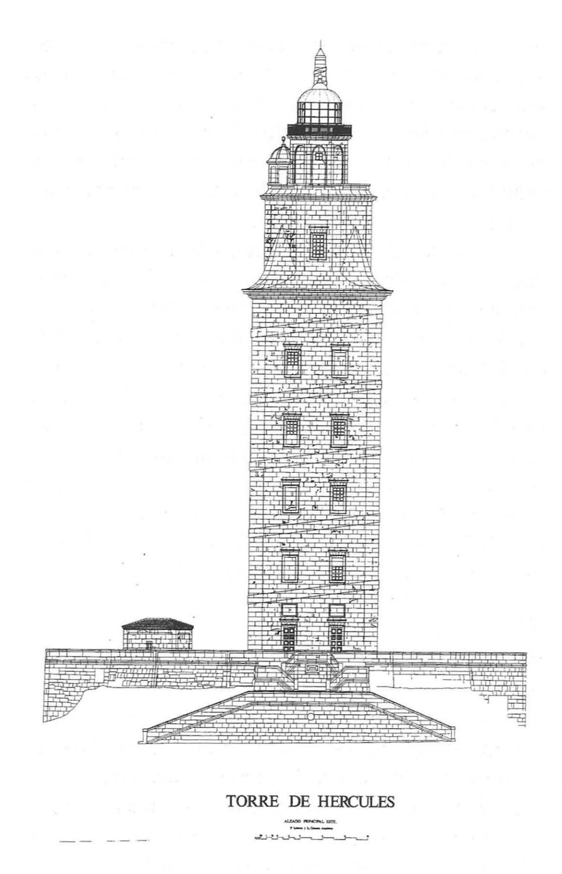


Figura 2
Alzado principal este. Levantamiento fotogramétrico del estado previo

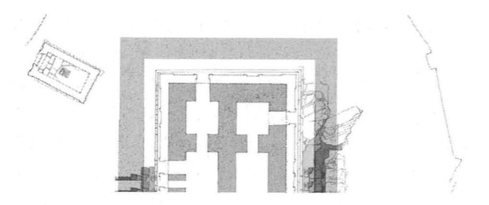


Figura 3
Alzado este del muro interior romano

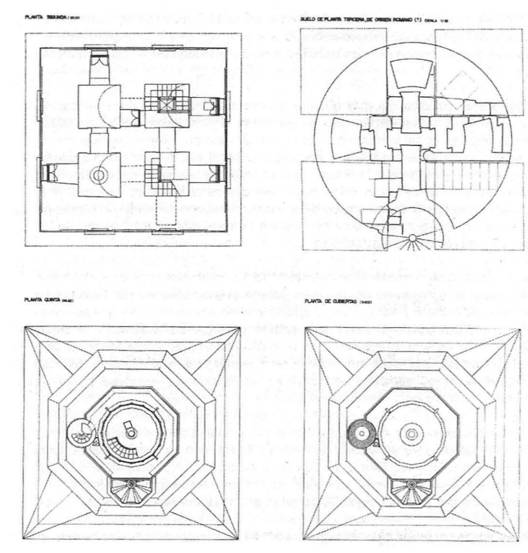


Figura 4
Plantas del cuerpo del faro y detalle del pavimento encadenado

de esta técnica. Los alzados de estos recintos se dibujaron in situ, con el auxilio de andamios, a escala 1:20 sobre papel milimetrado, utilizando una cuadrícula de referencia superpuesta sobre el muro (fig. 3). Las plantas y las secciones se completaron por medio de una medición con cinta (fig. 4)

b. Estudio de fuentes documentales. La documentación sobre el faro fue recuperada con motivo de la exposición «Torre y Ciudad», organizada por el Ayuntamiento de la Coruña. La revisión de esta documentación permitió localizar imágenes inéditas de la situación del faro antes de su reconstrucción y documentar el desarrollo de la obra neoclásica.

c. Análisis de los muros interiores del faro.[10] Para contrastar los datos facilitados en el estudio documental era preciso localizar sobre los muros interiores del faro, los materiales de la torre romana, los correspondientes a la transformación neoclásica y los materiales de todas las transformaciones menores. Este trabajo se realizó siguiendo el método de análisis de estratigrafías de muros desarrollado por Harris y Carandini y conocido en España como arqueología de la arquitectura (Latorre 1995: 47250).[11]

d. Excavación arqueológica.[12] Las distintas hipótesis sobre la torre romana planteaban que ésta

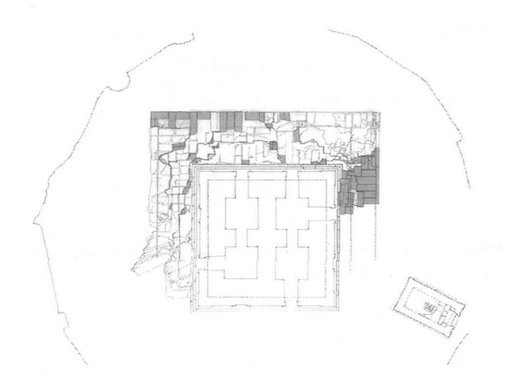


Figura 5
Planta del perímetro exterior de la torre romana obtenida por excavación arqueológica

tenía un perímetro mayor que el de la reconstrucción neoclásica. Para confirmar o desmentir las distintas hipótesis era necesario efectuar la excavación arqueológica de este perímetro para descubrir, si realmente se conservaba bajo la plataforma neoclásica, la cimentación del edificio desaparecido y el arranque de la rampa que le daba acceso (Bello: 1997) (fig. 5).

La estructura conservada del núcleo interior del faro romano

Está constituida por un volumen prismático de aproximadamente 9,8/ 10 m de lado, formado por cuatro recintos cuadrados de 2,65/2.70 m de lado, separados por dos muros en cruz y otros perimetrales de 1.48/1,5 m de espesor, comunicados entre sí dos a dos y cubiertos con una bóveda de cañón de directriz E. W. Esta estructura de cuatro recintos abovedados se repite en tres niveles, con distintas alturas de bóvedas; los dos primeros de 9,20 m y 9,60 m respectivamente y de 14,35 m el tercero, hasta alcanzar una altura total de 34,38 m. s/r del suelo de la plataforma que la rodea.

Los alzados visibles de los muros interiores de la torre están realizados con una mampostería concertada u *opus vittatum* (Adam:147; Marta 1991:34), con un mampuesto escuadrado de granito blanco de pequeñas dimensiones de 30 cm. de espesor (fig.3). El núcleo del muro esta construido con un hormigón de cal de grandes bolos sin trabajar u *opus caementicium* (Marta 1991:15), de gran resistencia, con un espesor de aproximadamente 90 cm. El aparejo de *opus vittatum* ordena los sillarejos de granito en hiladas horizontales, que se regularizan entre cada cinco y siete hiladas, correspondiendo a unas medidas entre 90 cm. y 120 cm. Entendemos que esta regularización correspondería a una compactación de las tongadas del hormigón de cal con el que se rellenaba el interior del muro. El *opus vittatum* constituye de este modo un revestimiento de acabado y un encofrado perdido del *opus caementicium*.

En los lienzos visibles de los alzados interiores de estos muros, ocupando el espacio de un sillarejo, aparecen unos agujeros rectangulares de 12 3 18 cm que han sido rellenados con ripio. Estos agujeros aparecen de dos en dos aproximadamente en cada una de las líneas de regularización del muro que hemos descrito y fundamentalmente, en sus alzados este y oeste. Por las características de estos agujeros, por su disposición etc. hemos considerado que corresponden a los mechinales donde se apoyaría el andamio de construcción (Adam: 85290).

Los vanos de puertas y ventanas que perforan estos muros sirven para comunicar en cada nivel los recintos de dos en dos y para darles acceso, luz y ventilación desde la rampa exterior. Los huecos están construidos con sillares ciclópeos de granito rosáceo, muy toscos, de factura irregular y textura muy granular. Estos sillares se colocan en las jambas a soga y tizón y soportan un gran dintel adovelado. Algunos de estos vanos (ventanas y puertas) fueron reaprovechados para las actuales ventanas de la torre, otros fueron cegados, pero su estructura es hoy perfectamente visible (fig. 3).

En el plano de Cornide anterior a la restauración neoclásica, las esquinas de los muros perimetrales aparecen en el exterior, ahora oculto, construidos con una sillería ciclópea de un aspecto similar al utilizado para los huecos de puertas y ventanas por lo que debemos suponer que fuese del mismo granito rosáceo (fig. 1).

Las bóvedas que cubren los recintos interiores y que conforman los suelos de cada uno de los niveles se construyen con un *opus caementicium* sobre cimbras de madera apoyadas en los muros interiores (Adam, 194, fig.436; Choisy, 26). Estas bóvedas no están construidas con dovelas propiamente dichas. Sobre la cimbra de madera se extiende una capa es-

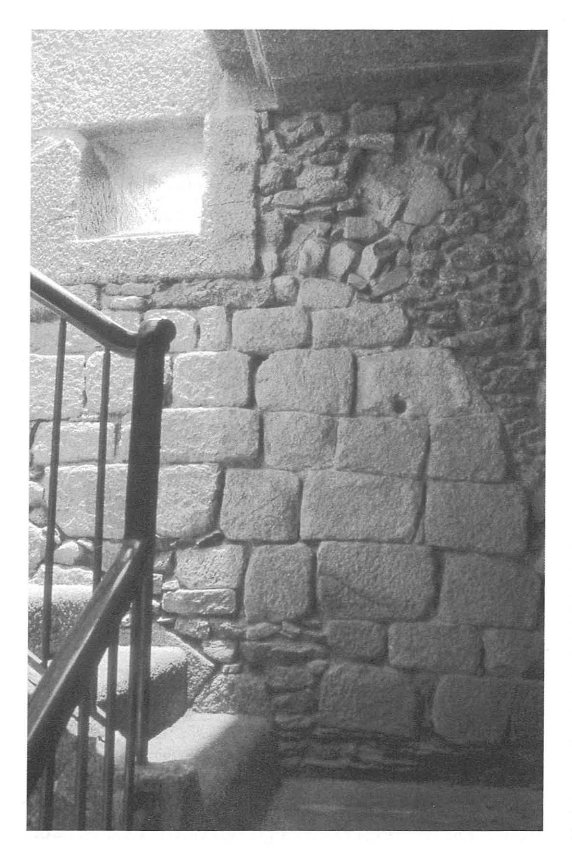


Figura 6
Bóveda romana perforada por la escalera neoclásica

pesa de mortero de cal de granulometría gruesa. Sobre esta capa de mortero se colocaban grandes bolos sin trabajar de forma más o menos trapezoidal siguiendo la directriz de la cimbra y adoptando la posición que tendrían las dovelas. Posteriormente se cubrían con un hormigón de cal sobre el que se repetía la operación antes descrita. Después de dos o tres tongadas semicirculares se rellenaban los senos de la bóveda con el mismo hormigón (fig. 6).

Esta operación se realizaba desde la parte superior de la cimbra construyendo bóveda y muro simultáneamente. El *opus vittatum* de los muros interiores se remataba siguiendo las directrices de las bóvedas. Por encima de estas, las cuatro bóvedas y los muros que las delimitaban formaban un compacto de *opus caementicium* hasta formar una plataforma bajo el suelo del nivel superior. Sobre esta plataforma se levantaban los muros del nivel siguiente y se pavimentaba el suelo con grandes losas.

Perforando todas las bóvedas existe un pequeño agujero de aproximadamente tres centímetros de diámetro que se sitúa en el centro geométrico de cada recinto y que atraviesa la bóveda. El sistema constructivo empleado obligaba a la ejecución de una gran plataforma en cada nivel desde la que se arrancaba la construcción de los muros del nivel siguiente. Hemos interpretado que este agujero serviría para pasar una plomada hasta los recintos inferiores que permitiese replantear correctamente el arranque de los muros del nivel inmediatamente superior, y controlar durante su ejecución que estuviesen perfectamente aplomados con los ya construidos.

En el análisis que se ha realizado de los muros se ha podido detectar también el sistema de cimbrado de estas bóvedas. En uno de los muros N y S —perpendiculares a la directriz de la bóveda— existe un pequeño escalón de 3 a 5 cm donde finaliza el *opus vittatum* y arranca ésta. En los muros E y W paralelos a la directriz de la bóveda existen dos mechinales rectangulares separados 70 cm entre sí, de 40 3 20 cm y que se sitúan centrados en el muro justo por debajo del nivel de arranque de ésta. Estos huecos enfrentados en los muros E y W se encuentran a diferentes alturas; los de un muro una hilada por encima de los de enfrente. Estos huecos por su posición con respecto a la bóveda servían para colocar dos vigas sobre la que descansaba la cimbra. Su escalonamiento permitía introducir las vigas de madera inclinándolas y nivelarlas calzando los mechinales más bajos. Para descimbrar la bóveda era suficiente soltar los calzos colocados y quitar las vigas que soportaban la cimbra.

El pavimento que remata toda la estructura romana y sobre el que apoya la bóveda que soporta todo el remate neoclásico, se había considerado como parte de esta intervención. Sin embargo, este pavimento es por su disposición y su morfología parte de la construcción romana y sirve para atar en el remate superior las cuatro bóvedas con los muros interiores en cruz y los cuatro muros perimetrales. Este enlosado esta compuesto por grandes piezas de granito rosáceo, en forma de doble T, que se colocan ensambladas unas con otras mediante un sistema de engatillado encadenado según la dirección de los muros. La pieza central de este atado se sitúa en el cruce de los

ejes de los muros que forman la cruz y tiene la forma de dos cruces invertidas con sus brazos trapezoidales. En el centro de esta pieza, existe tallado un pequeño agujero señalado con un círculo también tallado, que no es otra cosa que el centro desde el cual se trazó todo el remate neoclásico.

La estructura exterior y la rampa de acceso desaparecidas del antiguo faro romano

Las partes del edificio romano que describiremos ahora han desaparecido prácticamente en su totalidad y realizaremos la reconstrucción a partir de los documentos de la torre previos a su reconstrucción neoclásica; del análisis de la estructura conocida y de su relación con la hipótesis planteada y a partir de los restos descubiertos arqueológicamente de la cimentación de esta estructura (Bello 1997).

La cimentación de la torre romana debió iniciarse con la limpieza de toda la superficie de la roca sobre la que se asentaría. A continuación, se talló todo el granito meteorizado hasta obtener una plataforma en perfectas condiciones escalonándola según la altura de las hiladas de sillería de aproximadamente 45 cm (Adam, 1152116). Sobre esta plataforma se realizó, tallándola en la roca, el trazado del edificio que iba a construirse y del que todavía se conserva algún resto en la roca que nos ha permitido deducir las dimensiones del arranque de este muro y del ancho de la rampa.

Del perímetro exterior y hacia el interior de esta roca fue construyéndose la primera hilada del edificio, prácticamente maciza, con un *opus quadratum* (Marta1991, 11215) de sillares de granito rosáceo de grandes dimensiones cogido con mortero de cal. Esta primera hilada se ejecuta combinando sillares a soga (120 cm) y tizón (60 cm) muy característico de la construcción romana (Adam, 118; Choisy, 100).[13] El hueco entre los tizones y el espacio hasta el rebaje escalonado de la roca se rellena con *opus caementicium*. Esta primera hilada define en su lateral oriental una medida aproximada de 19 m que suponemos se repetirá en su lateral occidental. La longitud de los lados norte y sur no puede todavía determinarse ya que todo el lateral occidental de la plataforma permanece sin excavar.[14] Los sillares de esta hilada en los lados este y oeste del perímetro exterior de la torre se construyen con una sección en forma de pestaña en L, tanto si están colocados a soga como a tizón. La siguiente hilada de sillares se coloca solo a tizón, contrapeándola de los tizones de la hilada inferior.

En los lados este y oeste, los sillares de esta segunda hilada se retranquean de la línea exterior de la hilada inferior, provocando un pequeño escalón en la fachada de 30 cm, al apoyarse en la cara inferior del sillar en L. De este modo, esta segunda hilada queda trabada hacia la roca en el núcleo del edificio. En el lateral sur esta hilada marca el arranque de la cara exterior del edificio y define el perímetro de su base. Alrededor del perímetro construido se crea una plataforma de tierra, con la altura de la primera hilada, que cubre las irregularidades de la roca de alrededor y facilitaría las labores de la construcción.

Después de la segunda hilada de sillares, éstas van superponiéndose sucesivamente en altura a soga o tizón. Al llegar a la esquina este macizo de sillares va contrapeándose en escalera con los sillares de la fachada contigua que van aparejándose en perpendicular. De este modo, fueron construyéndose hiladas macizas de sillares contra la roca escalonada, hasta conformar una plataforma horizontal de sillería perfectamente trabada de la que arrancarían los diferentes muros de la construcción.

En la excavación arqueológica de estos restos se han recuperado numerosas llaves de hierro en forma de U, que en algún caso se conservaban in situ. Estas llaves se colocaban sobre unos cajeados en la piedra que posteriormente eran rellenados con plomo derretido. Todos los sillares recuperados tienen en su cara superior los huecos correspondientes a estas llaves (Adam, 57; Choisy, 102).

Los muros exteriores de la torre romana estarían realizados con un *opus quadratum* de sillares ciclópeos de granito rosáceo, siguiendo lógicamente el aparejo y la tipología constructiva descrita, combinando soga y tizón. En la segunda hilada de las fachadas este y sur se conservan una veintena de sillares a tizón que forman parte de la cara exterior de estas fachadas o del basamento de cimentación. Estos sillares presentan en su lado visible al exterior un almohadillado tosco, similar al que presenta el muro del foro de Augusto en Roma (Adam, fig. 251) (fig. 7).

La línea de sillares de la fachada sur se separa del basamento neoclásico aproximadamente 2.70 m. Esta cara de acabado de los sillares, define una longitud para la fachadas este y oeste de aproximadamente 18

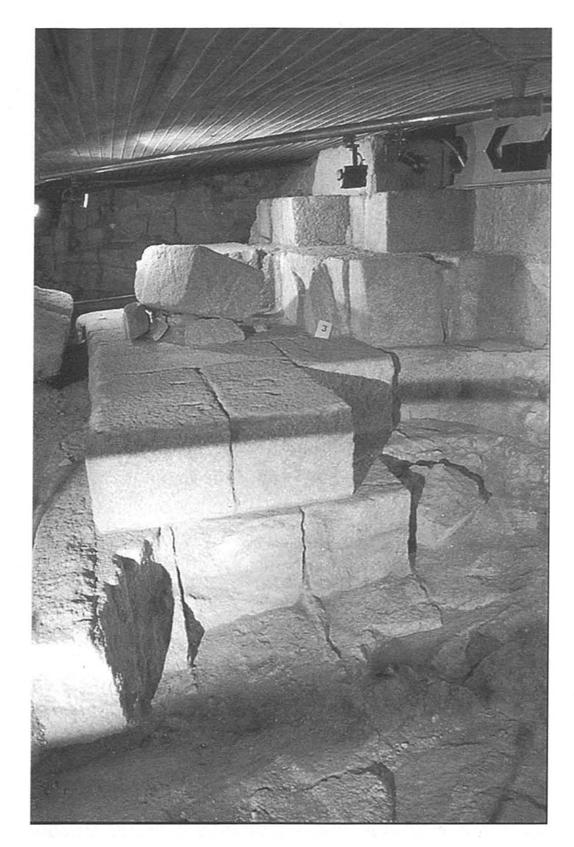


Figura 7
Restos del cimiento de la estructura romana exterior desaparecida, encontrados con la excavación arqueológica

m. Sin embargo, la cara de la fachada este se separa aproximadamente 4.30 m del basamento neoclásico. Como el suelo de la planta baja del núcleo romano se sitúa a unos tres metros por encima de este nivel, suponemos que existiría un basamento o un zócalo macizo más grande que la estructura de la torre y que esta diferencia de medidas podía estar en relación con el trazado de sendas rampas laterales de acceso a la puerta principal del edificio (Caballero, 505).

Como los restos conservados de la estructura desaparecida únicamente constituyen el basamento, no está definido en ningún punto —por una cara de sillares de acabado— el espesor de estos muros. Sin embargo, en el lado norte de la excavación, existen dos líneas paralelas talladas en la roca separadas aproximadamente 2 m y que podrían estar definiendo este espesor (Hauschild, 96).[15] Si aceptamos que el muro de fachada tiene esta dimensión, el ancho de la rampa helicoidal tendría que tener una dimensión similar al considerar que todos los lados del prisma que define la construcción de la torre tienen una longitud de aproximadamente 18 m. Una rampa de aproximadamente dos metros daría credibilidad a alguna de las descripciones más antiguas que afirman que por ella podía subir un carro tirado por bueyes[16] (Hutter: 39, Hauschild 96).

En la excavación realizada se ha descubierto, junto a otros sillares, una pieza de cornisa de granito rosáceo, con unas dimensiones de (107 3 82 3 44 m) y una labra similar a la de todos los sillares aparecidos «in situ». Esta cornisa, que sin ninguna duda procede de la construcción romana y se colocaría en el remate del cuerpo principal de la torre o definiendo el escalonado que algunos autores suponen para este muro. Esta pieza podría también rematar algún pórtico del acceso de la fachada este, que como hemos comentado presenta unas dimensiones mayores.

Esta pieza ha aparecido sin ningún orden concreto, junto a otros sillares, fuera del perímetro de la construcción, como si hubiesen sido arrojadas desde lo alto del muro. La posición de este grupo de sillares, sobre niveles arqueológicos de época medieval, confirman la hipótesis de que la torre fue utilizada durante este periodo como cantera. Existen también algunos sillares de la cimentación descrita que aparecen completamente desgarrados como partidos por una palanca, lo que refuerza la idea del robo (Bello).

La rampa helicoidal de acceso al edificio. La solución propuesta por Hutter de una rampa volada construida con sillares en ménsula empotrados en el muro del núcleo interior, está definitivamente descartada por los restos aparecidos en la excavación arqueológica y por la imposibilidad real de construir una rampa volada de estas dimensiones. Tampoco es coherente la construcción de la rampa con un suelo plano de losas apoyadas entre el núcleo interior y el muro exterior que propone Hauschild, lo que obligaría a la colocación de unas piezas de una sección muy importante. Constructivamente, parece más lógico resolver este problema con una bóveda de características similares a las ya existentes construida entre los dos muros. Además, la descripción de Cornide de los restos que todavía eran visibles antes de la reconstrucción neoclásica no permiten dudas al respecto (Cornide, 27229).[17]

El desarrollo de esta rampa, también ha sido objeto de diferentes propuestas, debido sobre todo a la inexplicable colocación de los huecos de las ventanas, en los alzados del núcleo interior de la torre. Se ha tratado de encontrar un uso lógico que justifique esta colocación tratando de relacionarla con el desarrollo de la rampa. Se ha dicho que permitirían almacenar grano y madera en el interior de los recintos y extraerlo desde estos huecos altos que quedarían a nivel del suelo de la rampa. En cualquier caso, ninguna de las explicaciones parece convincente y la explicación de Urgorri parece la más lógica. Cada nivel de piso tiene sus dos puertas de acceso a los dos pares de recintos, perfectamente claros. El resto de los huecos se reparte de modo que cada recinto tenga uno. El desarrollo de estos parece helicoidal y tendrían una función de iluminación y ventilación y una relación con los posibles huecos del muro principal.

El trazado de la rampa varía también según los autores. Hutter trata de adaptarlo a los huecos existentes, planteando el acceso a ésta desde la ventana designada con el nº 1, situada en muro N de la habitación NW del primer piso. Urgorri plantea que la rampa es horizontal en las fachadas este y oeste, coincidiendo con los pares de puertas de acceso a los tres niveles y únicamente tendría pendiente en las fachadas norte y sur. Este autor basa su hipótesis en la descripción del Padre Sarmiento que en 1756 afirma que la rampa no surcaba la fachada oeste porque en ella no se veían desmoronamientos. Esta solución obliga al desarrollo de una pendiente en las fachadas norte y sur excesiva, que únicamente podría resolverse con una escalera. Finalmente, el resto de los autores plantea una rampa de desarrollo y pendiente continua en las cuatro fachadas y con descansillos horizontales en las esquinas.

Esta solución, parece constructivamente la más lógica, pues el encuentro de dos bóvedas inclinadas en la esquina da una figura de una geometría complicada. El descansillo horizontal produce una bóveda de crucería perfectamente conocida y utilizada por la construcción romana. Además, todos los planos realizados durante el siglo XVIII, que proceden directamente de la mano de los autores que personalmente vieron el monumento y no son una copia realizada por grabadores para una publicación, coinciden en representar un desarrollo continuo de la rampa, con la misma pendiente en todo su recorrido.

Los dibujos de Cornide (fig. 1) y Ricaud[18] —desde nuestro punto de vista los más fiables— dibujan los mismos huecos que existen en la realidad, el mismo numero de niveles para la rampa y el mismo trazado para ésta en relación a los huecos. Únicamente Cornide se confunde en la colocación del último hueco que sitúa un nivel por encima del que tiene en la realidad. Si nos fijamos en el dibujo de Ricaud de la fachada principal observamos que el desarrollo de la rampa coincide básicamente con la cinta helicoidal que decora la fachada de la reconstrucción neoclásica. La rampa arrancaría del suelo desde el lateral de la fachada norte y se desarrollaría en 21 tramos alrededor del núcleo conservado. Cada fachada albergaría cinco tramos de rampa, menos el lateral norte que tendría seis, incluyendo el tramo de arranque del trazado desde el suelo y el tramo de acceso a la plataforma superior. Si dividimos la altura de la torre en 21 partes resulta que cada tramo de la rampa tiene que subir aproximadamente 1,60 m con un desarrollo de 9,90 m y una pendiente de aproximadamente el 16%.

Si nos fijamos en el primer tramo de la fachada norte del dibujo de Cornide no aparece dibujada la roza de empotramiento de la bóveda en el muro. Suponemos, que en este primer tramo del desarrollo de la rampa, ésta no se construiría apoyada en una bóveda sino sobre unos muros de piedra o en un relleno, similares a los que aparecen en el dibujo acometiendo en cruz a las esquinas de la torre. Tampoco ha aparecido ningún resto en la excavación arqueológica que aporte alguna información sobre como sería este elemento. Nos llama también la atención que ambos autores representan las dos puertas del tercer nivel de la fachada este con alturas diferentes, adaptándose al recorrido de la rampa. Finalmente, no existe ningún resto ni documento que nos permita definir la llegada de la rampa a la plataforma del último nivel, ni la forma que tendría.

La construcción que remataría la torre, construida sobre el pavimento que ataba las bóvedas en el último nivel, sería una estructura cilíndrica con dos puertas en sentido opuesto en las fachadas norte y sur y cerrada con una bóveda que, probablemente, estaría abierta con un óculo para permitir la salida de humos. Todos los autores antiguos coinciden en la descripción de este cuerpo y en su representación gráfica. El cilindro, tendría un diámetro similar a la dimensión del lado del núcleo conservado y su diá-

metro interior debería tener unas dimensiones mínimas de aproximadamente 6.80 m, coincidiendo con las medidas actuales del muro interior del núcleo romano.

Este cuerpo fue demolido en Septiembre de 1789.[19] De acuerdo con la descripción de la demolición, sabemos que tenía ocho varas de diámetro y cinco varas de alto. Si consideramos que la vara castellana mide aproximadamente 83,6 cm, tendremos un diámetro para este cuerpo de 6,70 m y una altura de 4,20 m, dimensiones que coinciden perfectamente con la medida antes citada para el diámetro interior.

En los dibujos históricos, realizados antes de su demolición, este óculo se representa siempre con un diámetro sólo ligeramente inferior al diámetro del cilindro. De acuerdo a estas representaciones debemos imaginarnos que no existiría una bóveda cerrada, sino simplemente un estrechamiento del cilindro construido por aproximación de hiladas desde su perímetro. Cornide, en su propuesta de reconstrucción, dibuja únicamente un simple cilindro abierto rematado con una moldura decorativa. Sin embargo, las reconstrucciones posteriores de la torre romana representan este óculo con unas proporciones semejantes a las que presenta el óculo del Panteón, como una reproducción en pequeña escala de este edificio. Incluso, se ha dibujado esta cúpula cerrada y rematada con una escultura, suponiendo que el fuego se realizaría sobre la terraza.

Tenemos que imaginar que en este recinto tenía que mantenerse un fuego durante la noche para ser visto a larga distancia. Una bóveda con un óculo pequeño impediría la salida de la luz y el recinto, con un fuego de grandes dimensiones, se convertiría en un horno. Pensamos que la forma que originalmente tuvo este cuerpo, no es otra, que la que se repite en los dibujos antiguos en los que este cuerpo se representa como un muro cilíndrico, abovedado únicamente en su arranque y construido probablemente por aproximación de hiladas. Esta estructura permitiría proteger el fuego del viento, que se situaría en el centro sobre un ara prismática o cilíndrica que lo separaría del suelo y permitiría que fuese alimentado fácilmente. Las dos puertas enfrentadas de pequeñas dimensiones permitirían el acceso y lo avivarían.

Dado el carácter de obra de ingeniería militar, no creemos que el faro romano tuviese muchos huecos en sus fachadas desaparecidas. Hauschild dibuja en su solución unos huecos muy pequeños y alargados en el centro de cada fachada. Cornide sin embargo representa unos grandes arcos, entre pilastras, siguiendo la inclinación de la rampa y enfrentados con los huecos del núcleo interior. Desde nuestro punto de vista, parece lógico que la colocación de estos huecos se realizase enfrentándolos a las ventanas abiertas en el núcleo interior, por lo que existirían dos líneas de ventanas escalonadas por fachada que deberían adaptarse al trazado de la rampa helicoidal. Aunque en muchas de la propuestas de reconstrucción de la torre estos huecos se cierran con un arco, no existe ningún dato ni resto que permita pensar en esta solución; por otro lado, todos los huecos romanos conservados en la torre son rectangulares y con un dintel recto adovelado. Esta solución coincide exactamente con la representación que existe de un faro romano en un pequeño entalle de vidrio azul que se supone del siglo II d.C. y conocido como la Gema del Cairo (VVAA 1991,172).

Las dimensiones de la torre romana, geometría y composición

En una primera apreciación sobre las dimensiones de los elementos romanos conservados, parece que estos se han ejecutado utilizando como unidad de medida el pie. Todas la medidas que hemos tomado sobre el edificio son múltiplos y submúltiplos de esta dimensión. Para esta consideración nos hemos basado en la tabla dimensional del sistema romano de medidas estándares establecido por Kurent (Kurent: 9) con un pie de 29.57 cm.

La restauración neoclásica

El faro sufrió durante la Edad Media abandono y ruina, siendo usado como atalaya y recibiendo el nombre de «Castillo Viejo». Durante este período se usó también como cantera, desapareciendo la rampa exterior y el muro que la soportaba; convirtiéndose, de este modo, en una estructura inaccesible de la cual se utilizaban únicamente los recintos inferiores. Durante el siglo XVIII existen varios intentos de iniciar una restauración completa del faro que permitiese instalar sobre él, un nuevo fanal. A finales del siglo XVIII la restauración se hacía inevitable; la escalera interior se encontraba en ruina y los sistemas de ilu-

Elemento constructivo	Medida en pies	Pie de 29,57cm	Pie de 0,30 cm
Ancho muros del núcleo interior	5 pies; (1 Passus)	1,48 m	1,50 m
Lado de los recintos interiores	9 pies	2,66 m	2,70 m
Vanos de huecos interiores	7 pies alto 3 4 pies ancho	2,07 m 3 1,18 m	2,10 m 3 1,20 m
Separación de estos huecos a esquinas	2 ½ pies	0,74 m	0,75 m
Lado del núcleo interior. 5 + 9 + 5 + 9 + 5	33 pies	9,76 m	9,90 m
Ancho de la rampa	7 pies	2,07 m	2,10 m
Ancho del muro exterior de fachada	7 pies	2,07 m	2,10 m
Lado de la torre 7 + 7 + 33 + 7 + 7	61 pies	18,04 m	18,30 m
Lado este de la plataforma	64 pies	18,92 m	19,20 m
Altura del cuerpo principal. 2 3 lado torre (61)	122 pies	36,08 m	36,60 m
Altura suelo planta baja	10 pies; 1 decempeda	2,96 m	3,00 m
Altura suelo primer piso	10 + 31 pies	12,12 m	12,30 m
Altura suelo segundo piso	10 + 31 + 32.5 pies	21,73 m	22,05 m
Altura suelo tercer piso	10 + 31 + 32.5 + 48.5 = 122 pies	36,08 m	36,60 m
Diámetro interior del cilindro superior, 9+5+9	23 pies	6,80 m	6,90 m
Altura de cilindro de remate superior	14 pies	4,14 m	4,20 m
Altura total de la torre 122 + 14	136 pies	40,22 m	40,80 m

minación, eran recambios de carácter provisional de escasa potencia lumínica e inútiles.

La restauración fue acometida y financiada por el Real Consulado Marítimo de La Coruña tras su aprobación por Real Orden de Carlos III de 4 enero de 1788 (año de fallecimiento de este monarca). El trabajo se realizó con el apoyo del Ministerio de Marina y con la ayuda técnica del Departamento de Ferrol, que envió destacado al Teniente de Navío e Ingeniero Ordinario de Marina D. Eustaquio Giannini. Las obras se iniciaron en Julio de 1788 y se terminaron el 28 de Diciembre de 1790. Giannini continuó en la ciudad hasta 1792 supervisando otras obras del puerto y completando la construcción con una plataforma en la base del faro (que no se remató hasta 1861) y una carretera de acceso desde San Amaro.[20]

La reconstrucción forra perimetralmente el núcleo descrito con un chapado de grandes sillares de granito rosa de 0,8 m de espesor, con una altura uniforme en las hiladas de 41,8 cm incluyendo una junta muy fina de 3 mm de espesor y una longitud variable de los sillares. La medida de 41,8 cm corresponde exactamente con media vara castellana, unidad utilizada en la obra neoclásica. Este chapado se une a la obra romana por medio de llaves de sillares atizonados.[21] Con esta obra el cuerpo del faro, de planta cuadrada, tiene aproximadamente 11,40 m de lado que se amplían a 11,74 m en la base mediante un escalonado.

Este revestimiento se remató con una gran cornisa, de planta cuadrada, que vuela 98 cm sobre el cuerpo descrito y define el límite de la construcción romana. Interiormente, sobre esta, se construye una gran sala circular abovedada de 6,90 m de diámetro, inscrita en un recinto octogonal de 3,88 m. de lado, sobre la que se sitúa una terraza y otro elemento octogonal de 2,10 m de lado que sirve de base del fanal del faro. La unión entre la cornisa cuadrada y el primer cuerpo octogonal se realiza mediante cuatro elementos piramidales de gran complejidad geométrica. Con este cuerpo, que remata la obra neoclásica, la torre alcanza una altura total de 54.59 m medidos desde el suelo de la plataforma.

El forro neoclásico está compuesto por 3.765 piezas de cantería labrada, 189 de cantería tosca y se realizaron 335 cajas para el atizonado del forro. Considerando cuatro lados y 76 hiladas de sillería por fachada, corresponden únicamente a poco más de un tizón por cara e hilada. El remate sobre la construcción romana tendría 1.039 piezas de cantería labrada y 590 de cantería tosca.

El basamento de la Torre se remata con una gran plataforma que forma un polígono de dieciséis lados,

construido con una sillería irregular que en algunos puntos parece reutilizada. Sobre esta plataforma se construye un pequeño edículo que alberga la inscripción, grabada en la roca sobre la que se asienta el monumento.

Cornide que había seguido investigando sobre el faro, participó en la definición del proyecto de restauración, del que debemos considerarle coautor. En 1792, un año después de que finalizaran las obras de restauración, publicó su importante monografía sobre el monumento en la que definió el origen romano de la Torre, describió el estado del monumento antes de su restauración y realizó diversas hipótesis sobre la forma que pudo tener el faro en sus orígenes.[22]

Según afirma Vigo, existió una estrecha colaboración entre el ingeniero Giannini y el académico Cornide. El primero aportando sus conocimientos de construcción y técnicas marítimas y el segundo sus conocimientos sobre el monumento y su historia. Una serie de detalles que la obra neoclásica incorpora en su intervención como la banda en diagonal, los falsos huecos de la composición, la cornisa que señala el final de la obra romana etc. —demuestran que sus autores fueron absolutamente conscientes de la importancia histórica del monumento sobre el que realizaron su intervención.

La importancia de la obra neoclásica y la influencia de Cornide en su configuración, ha sido puesta en evidencia por el historiador A. Vigo, que apunta además los elementos que permiten considerar la obra neoclásica como una autentica «restauración» de arquitectura (Vigo, 7), según la comprensión actual del término, a pesar de las diferencias metodológicas y del carácter pragmático de la misma, lo que obligó a la ejecución de determinadas demoliciones, que actualmente serían inadmisibles.

La metodología esbozada por Cornide y Giannini en su intervención y el caracter «didáctico» de la solución ejecutada, se obtuvo por una conjunción de hechos fortuitos, pero que son la consecuencia del pensamiento «ilustrado» de sus autores. Desde nuestro punto de vista, su intervención es una propuesta enormemente sugerente, «moderna» y de extraordinaria importancia. Su camino para la restauración no fue evidentemente sistematizado y por supuesto aislado en el tiempo. La «restauración» estilística que se impuso durante el siglo XIX y la tradición conservadora después, no se han fijado en este tipo de trabajos que nunca han sido considerados como tales.

Notas

1. El presente texto es una revisión actualizada del texto que fue presentado como una comunicación en el I Congreso Nacional de Historia de la Construcción celebrado en Madrid en Octubre de 1996 con el título *El faro llamado la Torre de Hércules: de Roma a La Ilustración*. El texto no pudo ser incluido en la publicación de las actas del citado congreso, por problemas de fechas en su presentación.
2. «se ha dexado exteriormente una faxa que rodea en espira la Torre, para que conserve la memoria de la dirección que llevaba la rampa ó escalera»
3. La falta de información sobre la torre y la dificultad para obtener imágenes de su estructura a propiciado la falta de referencias y citas en la mayoría de los tratados generales sobre la arquitectura romana, incluso en los más modernos utilizados por nosotros (Marta y Ward). S. Hutter, estudiante de arquitectura, llega a La Coruña en 1957 para realizar su trabajo de fin de carrera a sugerencia del profesor de Historia de la Construcción F. Krauss de la Escuela Superior Técnica de Munich, precisamente por la falta de documentación que existía del monumento. En el prólogo de su trabajo Hutter se queja de este problema que recoge en la replica a su trabajo el profesor T. Hauschild. En el contexto de este congreso es necesario reconocer la importancia metodológica de este trabajo, auspiciado por una Cátedra de Historia de la Construcción de Munich en 1957 que, sin lugar a dudas, nos debe hacer reflexionar.
4. La inscripción ha sido objeto de diferentes lecturas e interpretaciones pero se considera la lectura y la cronología propuesta por Hübner en 1861 como la más correcta. MARTI / AVG. SACR./ G.SEVIVS/ LVPVS/ ARQUITECTVS/ AEMINIENSIS/ LVSITANVS EX Vº. «Consagrado a Marte Augusto,/ Gaio Servio/ Lupo,/ Arquitecto/ de Aeminium (Conímbriga)/ Lusitano, en cumplimiento de una promesa».
5. «La versión con el cerramiento de la rampa presenta un edificio de figura tan alterada, que no puede ponerse en parangón con las más antiguas figuras de la Torre».
6. «en primer lugar, la ejecución técnica de una rampa volada construida en piedra sólo sería posible con una anchura limitada y presenta además dificultades, especialmente en los ángulos por las escasas posibilidades de trabado».
7. «ó mejor diré rampa, estaba sostenida por ocho pies derechos correspondientes á los quatro ángulos, y á los quatro frentes de la Torre, en los quales se apoyaba la bóveda, que á unas rampas servia de techo, y á otras de piso; para esta conjetura me fundo en que en los ángulos de la torre antigua se conservaban algunas dovelas que estaban pegada a los salmeres».
8. Equipo redactor del proyecto de restauración: P. Latorre González-Moro y L. Cámara Muñoz arquitectos; L.

Caballero Zoreda, arqueólogo del C.E.H. del C.S.I.C.; J. Mª. Cabrera Garrido, químico; G. Roibás Pérez, profesor de laboratorio de fotogrametría en la ETSIA.

9. Fotogrametría terrestre: toma de datos, G. Roibás; restitución, G.Roibás y E. Dúcar Martínez, arqueóloga; asesor: A. Almagro Gorbea de La E.E.A. de Granada del C.S.I.C.
Documentación del interior: M. A. Núñez Villanueva, y I. Martín Gutiérrez, restauradores.
10. Análisis del edificio: director, L. Caballero; codirectores, L. Cámara y P. Latorre; técnicos arqueólogos, M. Fdez. Mier, M. Alba Calzado y M.ªA. Pedregal Montes (Grupo Dach del CSIC).
11. SE puede afirmar que el inicio de esta disciplina en España esta marcada por la publicación con carácter monográfico del número 435 de la de la revista Informes de la Construcción del año 1995, con el título *Leer el documento construido* en el que se incluye un artículo del trabajo realizado en la Torre de Hércules. Desde el año 2002 se edita por la Universidad del País Vasco y el Instituto de Historia del CSIC una revista con este nombre dirigida por A. Azkarate.
12. Excavación arqueológica: director, J. Mª.Bello, Diéguez, M. A. de La Coruña; codirector: L. Caballero; técnicos arqueólogos: M. San Claudio Sta. Cruz, M. J. Arrojo Iglesias y B. De La Villa Cabrera.
13. «El ensamble por alternancia de hiladas a soga y tizón —perceptible en la muralla Serviana—, se mantendrá durante la época imperial y conservará el aprecio de numerosos constructores, a causa del carácter tan sistemático de su puesta en obra».
14. En el desarrollo del proyecto de excavación y ante la importancia de los restos y de los niveles estratigráficos que aparecían se acordó conservar sin excavar todo el lateral occidental de la torre que corresponde con 1/3 de la superficie de la plataforma neoclásica que permanece como reserva arqueológica.
15. «No están claras las medidas del muro exterior, pero hay que suponer que su espesor sería mayor que el de los muros interiores. En el dibujo se le calculan 2,10 m, lo que correspondería a unos 7 pies».
16. Molina B. 1550. Descripción del Reyno de Galicia. «del principio de ella hasta lo alto yva rodeándola una ancha escalera de piedra que nacia de la misma torre por la cual subia llanamente un carro de bueyes hasta dar en lo alto del chapitel». Hutter recoge esta cita en su artículo y considera «las medidas de su anchura deben ser exageraciones locales y significar tan sólo indicios de su fortaleza». Hauschild recoge también esta cita para afirmar en su hipótesis «La rampa se construyó con un ancho de 1,50m, aproximándose al de 1,58 m de la rampa del faro de Alejandría. No se excluye sin embargo que el ancho haya podido ser mayor, lo que hubiese contribuido a hacer más cómoda la subida de las bestias de carga».
17. «para esta conjetura me fundo en que los ángulos de la Torre antigua se conservaban algunas dovelas que estaban pegadas á los salmeres, y que indicaban haber sido parte de los arcos angulares, que arrancando á una y á otra parte servían de apoyo á las rampas de cada frente, y sostenían los descansos, como sucede en cualquier escalera que sube en ángulos rectos». «No es fácil determinar el ancho que tenía esta rampa; pero de la extensión del cimiento que se descubría alrededor de la torre antigua, infiero que no sería menor de cuatro pies».
18. B. Ricaud. 1772. *Plano de la Torre de Hércules*. Servicio Histórico Militar.
19. En «las relaciones mensuales de la obra ejecutada en la reparación de la Torre de Hércules, desde su principio hasta su conclusión» se cita en el capitulo correspondiente a la cantería «Se ha demolido el remate de la Torre vieja, su basón circular de ocho varas de diámetro, alto cinco varas y además dos pilares de seis pies y medio en cuadro y dos varas de alto, encima de las cinco varas, donde se colocaba el farol, todo de cantería y su armadura de quartones cubierta con losa».
20. Podemos seguir mensualmente el desarrollo de esta obra por el cuaderno de las relaciones mensuales:
«La cimentación se inicia con la retirada de tierra, excavación de roca etc.
—Se desmontaron o demolierón a pico rozado cien varas cúbicas de mampostería antigua de cal y canto y mucha parte de peña viva en los cimientos de la torre.
—Se excavarón en dichos cimientos sesenta y cuatro varas cúbicas de tierra.
—Se colocaron y asentaron en dichos cimientos veintiseis piezas de cantería».
21. «Marzo de 1789. OBRA DE CANTERIA:
Se asentaron trescientas noventa piezas de cantería labrada y nueve de cantería tosca.
Se abrieron trinta y seis cajas en el macizo de la torre para el atizonado.
Se construyeron treinta y dos varas cúbicas de macizo de mampostería y cal.
Se condujeron carros de mampostería y noventa y ocho de arena de mina».
22. X. M. Bello comenta «su trabajo nunca fue superado por las monografías posteriores, que no hacen más que repetir las hipótesis propuestas por él para la forma de la Torre romana».

LISTA DE REFERENCIAS

Adam, J.-P. 1989. *La Construction Romaine. Materiaux et Techniques*. Paris.

Bartoccini, R. 1958. «Il porto romano di Leptis Magna». *Bol. del Centro di Studi per la Storia de la Archittetura* Nº 13 (Septiembre): 59 y ss.

Bello Diéguez, X. Mª. 1991. «La Torre Romana». En *Ciudad y Torre. Roma y la Ilustración en La Coruña, La Coruña,* 1712178.

Bello Diéguez, X. Mª. 1992. «Introducción». En Cornide 1792.

Bello Diéguez, X. Mª. 1997. «Excavaciones bajo el faro romano de la Torre de Hércules». En *La Coruña. Paraíso del Turismo.*

Choisy, A, 1873. *El arte de construir en Roma.* (Edición española de 1999. Madrid: Instituto Juan de Herrera).

Cornide, J. [1792] 1992. *Investigaciones sobre la fundación y fábrica de la Torre, llamada de Hércules, situada a la entrada del puerto de la Coruña.* Edición facsímil. Ayuntamiento de La Coruña.

Caballero, L. y Latorre, P. 1999. «El faro de La Coruña, llamado «la Torre de Hércules»». En *Hispania. El legado de Roma,* Zaragoza, 5052510.

Hague, D. B. y Christie. 1975. *Lighthouses: their architecture, history and archaeology.* Wales.

Hauschild, T. 1976. «Der römische Leuchtturm von La Coruña (Torre de Hercules). Probleme seiner rekonstruktion». En *Madrider Mitteilungen 17.* («El faro romano de la Coruña (Torre de Hércules). Problemas de su reconstrucción»). La Coruña, 1992, 93297.

Hübner, E. 1869. *Corpus Inscriptionum Latinarum II.* Berlín.

Hutter, S. 1973. «Der römische Leuchturm von La Coruña», En *Madrider Beiträge* 3. Mainz. (El faro romano de la Coruña, La Coruña, 1992, 11290).

Kurent, T. 1970. *The modular eurythmia of a ediculae in Sempeter.* Ljubljana.

Latorre, P.; Cámara, L. Caballero, L. Cabrera, J. y Roibás, G. 1991. «Proyecto de restauración de la Torre de Hércules y su entorno». En *Señales Marítimas* 1: 7228. Madrid: MOPT.

Latorre, P. y Cámara, L. 1993. «La restauración de la Torre de Hércules y su entorno (La Coruña)». III Simposi sobre Restauració Monumental (Barcelona, noviembre de 1992). En *Quaderns científics i técnics* 5, Barcelona: 1552178.

Latorre, P. y Cámara, L. 1993. «La Restauración de la Torre de Hércules de La Coruña (Galicia-España)». En *Construir el pasado (I), Informes de la Construcción 427.* Madrid: 67280.

Latorre, P. y Caballero, L. 1995. «Análisis arqueológico de los paramentos del faro romano llamado Torre de Hércules, La Coruña, España. Leer el documento construido». En *Informes de la Construcción* 435: 47250.

Marta, R. 1990. *Architettura Romana. Tecniche costruttive e forme architettoniche del mondo romano.* Roma.

Marta, R. 1991. *Tecnica Costruttiva Romana.* Roma.

Sánchez Terry, M. A. 1991. *Los faros españoles: Historia y evolución.* Madrid: MOPT.

Tettamancy, F. [1920] 1991. *La Torre de Hércules. Impresiones acerca de este antiquísimo faro bajo su aspecto histórico y arqueológico.* Edición facsímil. La Coruña.

Urgorri, P. 1990. «El sistema de trazado de la Torre de Hércules y de otros monumentos». En *Rev. La Coruña.*

Sánchez-García J. A. 2004. *Faros de Galicia.* La Coruña.

Vigo, A. 1994. «Criterios ilustrados de restauración de un monumento antiguo: Giannini, Cornide y la Torre de Hércules de la Coruña». En *Homenaje al profesor Antonio Bonet, Tiempo y Espacio en el Arte II,* 9632980. Madrid.

VV.AA. 1991. *Fuentes para el estudio de la Torre de Hércules. Conmemoración del bicentenario de la reedificación de la Torre de Hércules.* La Coruña: Instituto «Jose Cornide» de Estudios Coruñeses.

VV.AA. 1991. *Ciudad y Torre. Roma y la Ilustración en La Coruña.* Catalogo de la exposición. Ayuntamiento de La Coruña.

Ward Perkins, J. B. 1980. *Arquitectura Romana.* Madrid.

Sistemas constructivos en la arquitectura religiosa del siglo XVIII en las misiones de Baja California del Sur (México)

Rafael López Guzmán
Ana Ruiz Gutiérrez
Miguel Ángel Sorroche Cuerva

El territorio que actualmente comprende la península de Baja California (México), fue desde el siglo XVI un espacio que atrajo a los españoles, siendo Hernán Cortés uno de los primeros en ordenar su exploración. El interés que sobre este territorio se generó, hay que entenderlo dentro del conocimiento que se quiso tener de la costa pacífica, tras alcanzar una salida al mar desde el altiplano mexicano, y llevados por la necesidad de localizar el legendario estrecho de Anián que unía el océano Atlántico con el Pacífico.

Desde finales del siglo XVII, los jesuitas y posteriormente franciscanos y dominicos, se encargaron de evangelizar a las poblaciones indígenas que habitaban la península californiana, dentro de un programa de fundación de misiones que también abarcaba los actuales territorios estadounidenses de California y Arizona. En ese sentido, el Archivo General de la Nación de México es una fuente de primera mano para conocer la estructura y características edilicias que éstas tenían, y dentro de las cuales destacaba la iglesia, a la que se describe en ocasiones con cierta profusión y detalle, junto a otras dependencias para los religiosos y la guarnición militar que los acompañaba.

Los expedientes sobre los inventarios formados en la entrega, por parte de los franciscanos a los dominicos de las Misiones en 1773, son un punto de inflexión entre los datos aportados por las visitas realizadas a estos lugares en 1755 y el inicio de un proceso de transformación que ha llegado hasta la actualidad.[1] Junto a ello las noticias de las narraciones de autores como Francisco Javier Clavijero o Francisco Palou, no hacen sino que conformar una visión global del último proceso evangelizador que se realiza en Nueva España.

Esta comunicación ha elegido el territorio concreto del actual estado mexicano de Baja California del Sur, ya que fue en él donde se fundó la primera misión por los jesuitas en 1697.[2] Pretende, eso sí, llamar la atención sobre los procesos y sistemas constructivos utilizados por los misioneros en los que se constata la presencia de pautas de actuación similares a las utilizadas en épocas anteriores y en otros espacios de dominio español, constatándose la eficacia del método empleado para la localización y edificación de los distintos elementos que las integraban, aunque con claras modificaciones determinadas por las características del territorio en sí y de los materiales de que se disponía, la proximidad al mar y las constantes amenazas de piratas, que iban tras las mercancías del Galeón de Manila y algunas de las riquezas naturales peninsulares como las perlas.

El espacio geográfico de la península de Baja California

El actual territorio de la Baja California, conforma sin duda uno de los espacios más singulares de México. Su nombre, que aparece en la obra que se publicara en 1510 en Sevilla por Garci Ordóñez de Mon-

talvo, titulada *Las sergas de Esplandián*, reúne en torno a él una serie de aspectos, entre míticos, fantásticos e históricos, que lo convierten en un objetivo atractivo desde el punto de vista científico.

Espacio de primitiva presencia humana, los restos de pinturas murales que se encuentran repartidos por todo su territorio, son uno de los testimonios más antiguos de la presencia del hombre en América, y hablan de un desarrollo independiente, que incluso estaría en la base de la explicación de la escasa evolución cultural y social de los grupos que la habitaron, en comparación con otros espacios del continente. Esta circunstancia se vio potenciada por su característica de brazo de tierra sin salida por el sur, lo que le convertía en una especie de isla, y así sería considerada por un largo tiempo, para los Gaycuras, los Pericúes y los Otomíes, que a la postre serían los tres pueblos más importantes que se repartirían su espacio (León Portilla 2001). Sus condiciones geográficas explican cual ha sido la distribución y relación de las gentes que la han poblado con el medio ambiente y sobre todo las vicisitudes que sufrieron los religiosos españoles que desde finales del siglo XVII acometieron el trabajo de colonizarla.

Rodeada por las aguas del Pacífico y el Golfo de California o Mar de Cortés, esta masa de tierra peninsular cuenta con un extenso litoral de más de tres mil kilómetros de largo y solo doscientos de ancho, lo que determinó a lo largo de la historia que su acceso siempre dependiera de una manera directa del mar. Distintas bahías e islas recorren toda la costa generando zonas protegidas que fueron desde pronto focos de poblamiento, aunque siempre con la limitación de la escasez de agua dulce que garantizara su permanencia (Abbad y Lasierra [1783] 1981, 110–124).

Una cordillera recorre toda la península de norte a sur con una altura media de 1.000 metros, alcanzando los 2.000 en puntos localizados y que recibe nombres específicos en cada una de las regiones que atraviesa. Su disposición central no obstante no es simétrica y determina diferencias entre cada una de las costas, y así mientras que la del Golfo es angosta y a veces escarpada, la del Pacífico es ancha, llegando a convertirse en una planicie suave.

Sus condiciones climatológicas son también reseñables. El dominio general del desierto en toda ella, excepto un foco de clima mediterráneo al norte, habla de escasas lluvias, circunstancia propia de un clima cálido y seco, con cuatro o cinco meses de calores extremos y un invierno benigno (fig. 1). Solo en algunos años estas costas son bañadas por los ciclones que recorren los lechos arenosos de innumerables ramblas y alimentando los acuíferos subterráneos que abundan en ella. Ello nos habla de la inexistencia de corrientes de agua permanentes que afloran en manantiales, lo que explica la dependencia de ellos por parte de los grupos que la habitaron.

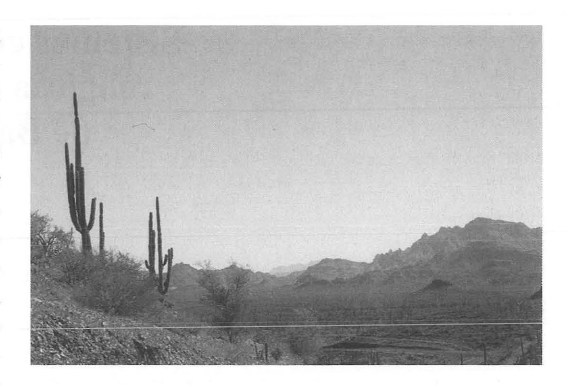


Figura 1
Paisaje desértico de Baja California del Sur. México

Las alturas impuestas por los dos mil metros que alcanzan en Baja California del Sur la cordillera central determina la presencia de plantas xerófilas en la costa y caducifolias hacia el interior como la especie cactácea endémica de los cardones que se convierte en un elemento más de su paisaje (fig. 2)

A partir de los 1.200 metros de altitud aparecen las de mayor porte como los pinos y encinas, que aportarán la madera y en ocasiones alimento. La fauna viene a estar representada por especies de poco porte exceptuando los venados, los berrendos y los borregos. (Río, Altable Fernández 2000: 15–20).

Baja California en los siglos XVI y XVII

La entrada en contacto de los europeos con las distintas culturas que ocupaban Mesoamérica en el siglo XVI, supuso el inicio de un proceso histórico evaluado desde distintos prismas por estudiosos de un lado y otro del Atlántico. La verdadera dimensión de los acontecimientos que se iniciaron, es vista en la actualidad como una concatenación de sucesos que sin duda preveían un control efectivo sobre todo el terri-

torio que se había de conocer, junto a la explotación de sus recursos, además de la evangelización de los grupos humanos que en él vivieran, que a la postre se convertiría en la única y última excusa para mantener la presencia estable de religiosos en determinadas zonas que resultaron no ser tan abundantes en riquezas naturales como inicialmente se esperaba.

Las distintas fuentes que hablan de la llegada de Hernán Cortés al continente y su posterior entrada en México-Tenochtitlan, muestran que éste no era el fin último de la expedición que permitió al extremeño desde noviembre de 1519 a agosto de 1521, calibrar cuales eran verdaderamente las posibilidades de victoria sobre una sociedad como la azteca que mostraba un alto grado de desarrollo en muchos de sus aspectos. Desde el mismo momento de la entrada de Cortés en la capital mexicana, se pusieron de manifiesto sus intenciones por establecer la comunicación del interior del continente con las costas del mar del Sur, descubierto años antes por Núñez de Balboa, y estableciendo de esta manera nuevas vías de acceso y aclarando el camino a las islas de las Molucas, inicialmente el destino último de la empresa colombina.

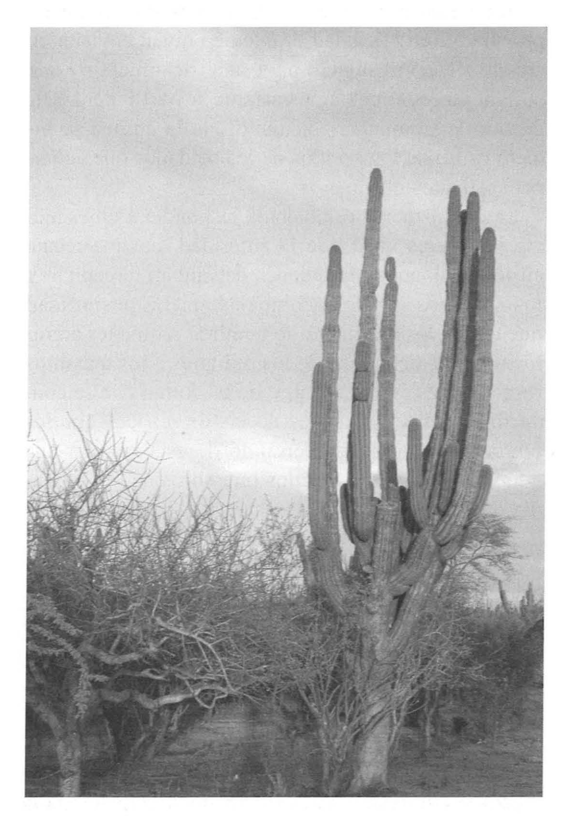


Figura 2
Plantas xerófilas y cactáceas endémicas del desierto de Baja California del Sur. México

Desde muy temprano, las intenciones de expansión del mismo Cortés convirtieron a California en objetivo prioritario y acabaría visitándola y fundando el puerto de la Paz en 1535, atraído por las riquezas que se le suponían, sobre todo en perlas (León Portilla 1995, 31–37). La dureza de su territorio, que contrasta con las descripciones que se hacen del mismo por parte de los jesuitas a partir del siglo XVII, hizo que esa primera expedición se abandonara al año de haberse iniciado, en 1536, siendo incursiones posteriores como la de Francisco de Ulloa en 1539 o la de Juan Rodríguez Castillo en 1542–43, las que marcaron el inicio de un proceso de control de este espacio, que se convertiría en básico dentro de la ruta del Galeón de Manila desde 1565 y sobre todo objetivo de muchas expediciones que con el fin de conocer sus características físicas, se emprendieron a partir de la segunda mitad del siglo XVI, poniendo de manifiesto el carácter desértico de su relieve y primitivo de sus habitantes.

Las intenciones de Hernán Cortés por abrirse al mar del Sur por puntos más septentrionales que la salida de Núñez de Balboa, aparecen ya reflejadas en su tercera y cuarta Carta de Relación, ambas enviadas al Emperador Carlos V (León Portilla 1995, 31–37). Este interés venía justificado, como señalábamos, por su intención en seguir con la búsqueda de la ruta hacia las islas de la especiería, sobre todo cuando en la segunda de ellas, ya conoce la circunnavegación de Magallanes y Elcano a través del extremo sur del continente. Una circunstancia que cuestionaría el verdadero objetivo de su llegada en 1519 al continente americano simplemente para conquistar el imperio azteca o como un paso más en una clara intención por llegar a la especiería, después de comprobar que las tierras a las que se había llegado, no eran ni China, ni Japón, ni las citadas islas de las especierías.

Ya desde 1522, Cortés, tenía en el puerto de Tehuantepec dispuestos navíos para llevar a cabo la expedición y reconocimiento de toda la costa pacífica mexicana, en un reflejo más de sus verdaderas pretensiones. Sin duda, las décadas posteriores a la caída de México-Tenochtitlan, se convertirán en las fundamentales para entender el posterior desarrollo

de la presencia de las órdenes religiosas en el territorio americano. Se iniciaba de esta manera la conformación y organización territorial de la Nueva España con la presencia de las misiones franciscanas, dominicas o agustinas, definiéndose las pautas de actualización que luego se emplearían en cada fase de expansión (Espinosa Spínola 1999).

Las expectativas que se abrieron con la llegada a la península californiana tuvieron un momento destacado y clarificador de lo que ocurriría a partir de ese momento en 1596, y un protagonista en la figura de Sebastián Vizcaíno, quién gracias a su carácter emprendedor, protagonizó la primera iniciativa particular para explotar las riquezas de la zona centradas en la pesca, la captura de la ostra madreperla y los yacimientos mineros, que nunca llegarían a cuajar de un modo definitivo.

El siglo XVII vendría marcado por el inicio de las expediciones a las costas californianas de Sebastián Vizcaíno. Sería en 1602 cuando realiza la segunda de ellas, en este caso financiada por el estado. En el transcurso de este viaje se llevaría a cabo un mejor conocimiento de la costa pacífica californiana hasta la bahía de Monterrey, describiendo de un modo minucioso toda la costa y poniendo nombres nuevos a los accidentes naturales encontrados. Tras el fracaso en el intento por poblar Monterrey, el gobierno de España se debatió en el siglo XVII, consciente de no poder todos los territorios y mares, entre la curiosidad por conocer los nuevos espacios junto a la ambición imperial por conservarlos bajo su poder y el temor por dar a los piratas una vía de navegación con el descubrimiento de un nuevo paso con el Atlántico.

La llegada de los jesuitas y la estructura de las misiones

No sería hasta finales del siglo XVII cuando los jesuitas consiguieron el asentamiento definitivo en este territorio. Para ello se sirvieron de un procedimiento distinto respecto al llevado a cabo hasta ese momento, como fue el de acometer la empresa a través del Mar de Cortés, con un contingente pequeño de personas, y el control absoluto sobre la expedición, excluyendo por tanto a los seglares, verdaderos protagonistas hasta ese momento. Las vicisitudes no fueron pocas ante la prohibición de entrada en la región impuesta por la corona, y fue por ello por lo que tuvieron que hacer una serie de concesiones, convirtiendo a la misión que iniciaron Eusebio Francisco Quino y Juan María Salvatierra, en una vuelta al proceso de expansión misional ya empleado a partir de territorios de apoyo establecidos, en este caso en Sonora y Sinaloa (Mesmacher 1997).

Salvados los problemas más evidentes con las señaladas concesiones, como la financiación de la expedición que correría a cargo de las ayudas que lograran los propios religiosos y en ningún caso comprometiendo al erario público, el 10 de octubre de 1697 zarpaba Juan María Salvatierra del puerto de Yaqui, fundado ese mismo mes la primera de las misiones, la de Nuestra Señora de Loreto. Ésta se convertiría en la cabecera desde la que se promovió la fundación de otras a partir del organigrama creado ex profeso para ello con lo que se buscaba garantizar la implantación de la estructura misional a partir del Fondo Piadoso de las Californias, gestionado por un procurador en la ciudad de México quien enviaba un sínodo a cada misionero para su sostenimiento y que solamente conoció una variante a partir de 1701, cuando la Compañía consiguió que la corona se hiciera cargo de los sueldos de los soldados que acompañaban a los misioneros.

La organización establecida respondía a un esquema jerárquico en donde la autoridad máxima recaía en los misioneros de quienes dependían el capitán y los soldados que les acompañaban. La posibilidad que tenían los religiosos de nombrar a quienes administraran justicia, hizo de los militares a los máximos responsables de ese encargo de tal forma que se convertían en los ejecutores de las directrices que les marcaban los jesuitas cerrando de esta manera una administración en la que los miembros de la Compañía de Jesús reunían en sus manos el poder temporal y el espiritual (Piñera Ramírez 1991, 43–52).

El poblado misional era una especie de pequeño caserío levantado en torno a la iglesia y de la morada del misionero que se convertían en el núcleo de la nueva población. Además de las edificaciones siempre sencillas y escasas, cada misión tenía por lo común una huerta de frutales y hortalizas, así como ejidos para el ganado y tierras para la siembra de maíz, trigo y otros granos. La falta de agua obligó en ocasiones a emprender cultivos de sitios alejados de la cabecera misional; en tales casos se formaban allí pueblos de visita, lugares que, pese al nombre, no siempre contaron con una población arraigada de

fijo. Se convertían de esta manera en los primeros centros habitados, cuya fundación implicaba la paulatina construcción de todo lo que habría de dar forma material al poblado que en la mayoría de los casos no fue mucho. (Río 1984, 118–119).

Lo que sí parece claro, es que el proceso de mejoramiento de estas construcciones tuvo que ser lento y no hay duda de que en todos los casos debieron de pasar varias décadas antes de que algunas de las construcciones originales de adobe y paja fueran sustituidas por otras de materiales más duraderos. En ese sentido sólo en 1755 la misión de Nuestra Señora de Loreto tenía una iglesia acabada de cal y canto, presentando el resto de los núcleos un desigual estado en sus edificios, tanto por lo que se refiere a su acabado como a los materiales empleados, ya que existían lugares en los que tanto el templo como la vivienda del religioso estaban realizados en adobe o carrizo y lodo, con techos de tijera cubiertas de paja.

Características de las iglesias. Materiales y técnicas constructivas

El conjunto de edificaciones denominadas por algunos autores como arquitectura en el desierto, presentan unas características desde el punto constructivo determinadas por el empleo inicial de materiales perecederos que otorgaban a las mismas cierto grado de rusticidad y modestas proporciones (Díaz 1986). En cualquiera de los casos se trata de materiales cuyo empleo y técnicas fueron introducidos por los religiosos constatándose la preocupación por enseñar a los indígenas su elaboración como fue el caso de los adobes.

En la actualidad los restos arquitectónicos ponen de manifiesto que en la mayoría de los casos fue la iglesia la que recibió por su papel protagonista como sede del proceso evangelizador, el mayor esfuerzo constructivo. No obstante y a pesar de las distintas descripciones que nos han llegado, sin duda la relación que en estas fuentes se dan como los datos extraídos de los archivos y la visita a las mismas, ponen de manifiesto que el edificio religioso ha conseguido resistir de una manera desigual el paso del tiempo.

Junto a ello, desde el punto de vista conceptual, se trata de espacios diseñados con una sola nave a la que se le añaden las distintas dependencias y espacios secundarios para el culto como sacristías y capillas. En este sentido, el objetivo de conformar espacios para la evangelización, llevó a la elección de plantas diáfanas que permitieran al fiel percibir los presbiterios de una manera directa, eliminando cualquier elemento que impidiera la visión del espacio más sagrado del templo. Junto a ello el empleo de piedra del entorno próximo como material básico dio como resultado la conformación de paisajes en los que el volumen de la iglesia destacaba sobre el caserío (Díaz 1986. 73–77).

Una de las localidades que ofrece una información más completa es la mencionada misión de Nuestra Señora de Loreto (fig. 3). Emplazada en las proximidades de la bahía de San Dionisio, se fundó en 25 de octubre de 1697 cuando se construye una tosca fortaleza dentro de la cual se emplazan viviendas y una estrecha capilla.

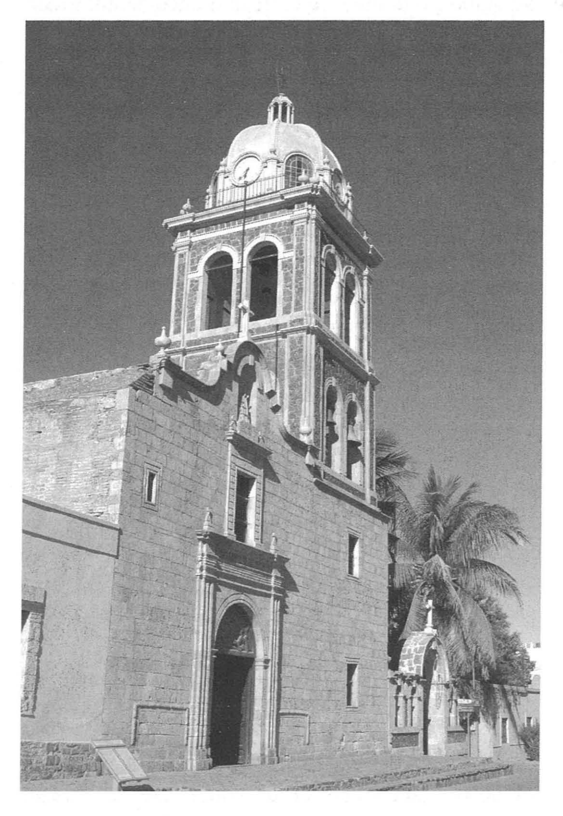


Figura 3
Vista exterior de la iglesia de la misión de Nuestra señora de Loreto. Baja California del Sur. México

Respecto a la iglesia se señalaba en 1773 que era «de cal y canto de 56 vars de largo y siete de ancho enladrillada con azotea de vigas, su coro de madera, y baxo de el su capilla pª Bautisterio, y al lado de la Epístola pegado al presbiterio una capilla de Nra Sª de los Dolores también de cal y canto de 20 vars de largo y 6 de ancho, también con su azotea enladrillada y al lado del Evangelio una pieza pª Sacristía también de cal y canto con su azotea de 8 vars de largo y 6 de ancho. Tiene su puerta de rexa torneada asia el presbiterio y lo mismo la Capilla».[3] Otros espacios descritos dentro y junto al espacio de la iglesia son el baptisterio y la oficina de la sacristía que mantienen las características expuestas (Coronado 1994, 21–46).

Además de éstas, otras dependencias, indispensables en la conformación de estos núcleos son la vivienda del religioso y corrales, palomares y hornos necesarios para la explotación agropecuaria del lugar. Así encontramos en el mismo documento: «Una vivienda pegada a la iglesia; claustreada de cal y canto: con dos azoteas; que tiene tres piezas bajas y dos altas; y otro quartito chico, con puerta afuera; y dos corralitos de adobes; el uno pª gallinas, que tiene un quartito para las dhas; y otro para palomar. Otro corral pegado a la cosina con su pilita pª agua y un horno pª cocer el pan».[4]

En la actualidad el edificio que nos ha llegado conoció una importante y profunda restauración en 1973, año en el que se construye la actual torre, además de sustituirse en su interior la techumbre original por la actual lo que afectó al esquema original de la misma creando cierta incongruencia entre ésta y los arcos. Mantiene la estructura de una sola nave con arcos fajones de medio punto que descansan sobre pilastras toscanas y con la capilla de la Virgen de los Dolores en el lado de la epístola y cerca del presbiterio (fig. 4). Al exterior se constata tanto el tipo de materiales como las técnicas empleadas y si bien es la fachada de los pies la que presenta una mayor calidad con la utilización de sillar, el lateral del lado de la epístola deja ver el sistema de mampuesto con elementos de ladrillo que refleja la jerarquización de los acabados en función de su exposición o no a un espacio público destacado.

El acceso a la iglesia que se abre en el hastial de los pies, se organiza con un simple arco de medio punto flanqueado por pilastras con el fuste acanalado que sostienen un entablamento con el friso decorado con una inscripción. Sobre él descansan en los extremos dos pequeñas pirámides y en el centro la ventana que ilumina el coro, decorada con un listel reticulado. Remata la portada un edículo con la imagen de la Virgen de Loreto. El perfil superior de la fachada lo recorre una moldura mixtilínea (fig. 5). La fachada lateral de la epístola presenta en cambio un trabajo de mampostería que se sustituye por otro mixto con ladrillo en el dintel y jamba de las ventanas y en la rosca del arco de acceso. En este frente sobresale y se distingue perfectamente el volumen de la capilla de la Virgen de los Dolores (fig. 6). La cubierta plana habla del empleo más económico y mejor adaptado a las imposiciones del medio, eliminando en la medida de lo posible un excesivo uso de la madera.

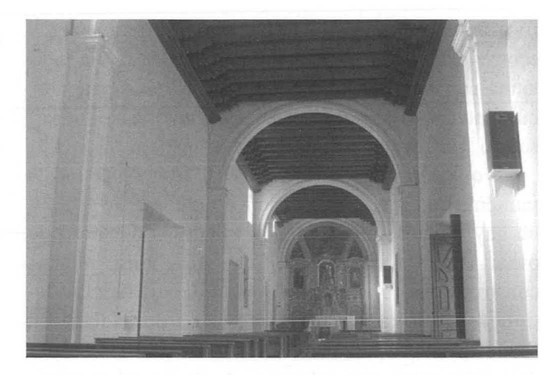


Figura 4
Interior de la iglesia de la misión de Nuestra Señora de Loreto. Baja California del Sur. México

Para la misma fecha, una de las misiones más importantes que se fundarán el la Baja California, la de San Ignacio Kadda Kaamán, presentaba una situación totalmente distinta (fig. 7). Fue en 1716 cuando el Padre Francisco María Piccolo misionó en una zona de la Sierra de San Vicente donde erigió una misión muy modesta en la que construyó un templo de regular fábrica, realizado en adobe y piedra (Clavijero [1789] 1970, 159–169). La fundación formal de esta misión la realizó en 1724 Juan Bautista y Luyando. La segunda iglesia que se construyó se consagra en 1728, asignándose al mismo Luyando su participación como proyectista y ejecutor de la obra. Se supone que un tercer edificio se había construido por el padre Francisco Cosang, posiblemente con la ayuda del indio constructor ciego Andrés Comanji. (Barco [1757] 1988, 276–277)

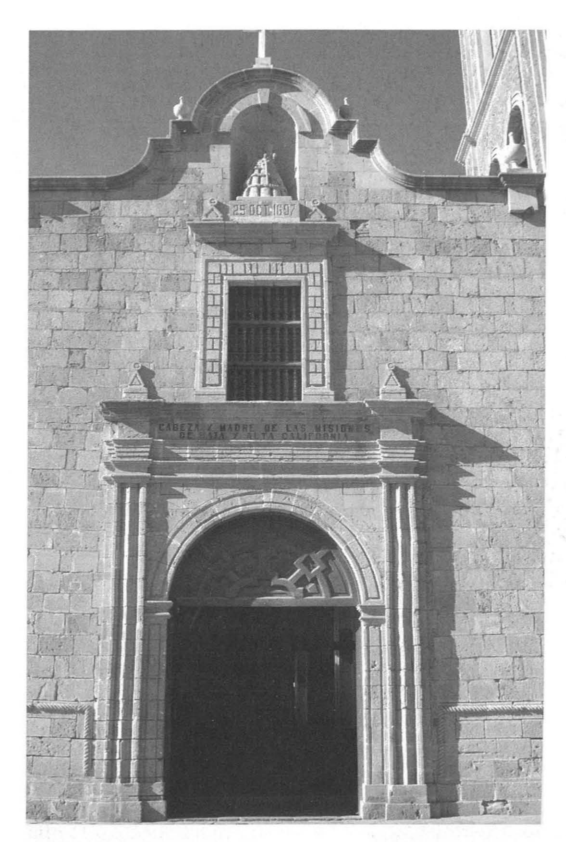


Figura 5
Portada de la iglesia de la Misión de Nuestra Señora de Loreto. Baja California del Sur. México



Figura 6
Fachada de la epístola de la iglesia de la misión de Nuestra Señora de Loreto. Baja California del Sur. México



Figura 7
Vista exterior de la iglesia de la misión de San Ignacio Kadda Kaamán. Baja California del Sur. México

Según el informe de 1773 tenía: «Una iglesia de adoves con techo de jacal; sola tiene un altar, cuio titular es S^{n} Ygnacio Yt. Tiene esta missión principiada una yglesia de cal y canto con dos torres, y baxo de las torres dos capillas de voveda ia cerradas; las paredes por partes tienen ia la altura de seis a siete varas; y por donde menos quatro; dos sacristías, que son lo más atrasado de la iglesia».[5]

Esta breve reseña permite entender el proceso de definición de estos espacios constatando la existencia de un edificio realizado en materiales perecederos como adobes y vegetal, mientras se finaliza la construcción de la iglesia en una obra mucho más resistente. La situación de inacabada que presentaba este segundo edificio en 1773 demuestra como el que en la actualidad podemos visitar tuvo que ser finalizado por los dominicos una vez que se les cedió la misión, con lo que el proceso iniciado por los jesuitas acabará siendo definido por un lado y de una manera breve por los franciscanos y posteriormente por la orden de Santo Domingo (Coronado, 131–144).

En la actualidad, la construcción de San Ignacio es una de las de mayor calidad de Baja California. Se trata de un templo de planta cruciforme, con el testero plano, coro a los pies, cubierto el crucero por una cúpula, que deja ver un buen trabajo de cantería. Destaca al exterior la fachada ante la que se dispone un atrio (fig. 8). La portada, inserta dentro de uno de los programas iconográficos más completos de los que nos han llegado a la actualidad de las misiones de Baja California, es un arco moldurado mixtilíneo



Figura8
Interior de la iglesia de la misión de San Ignacio Kadda Kaamán. Baja California del Sur. México

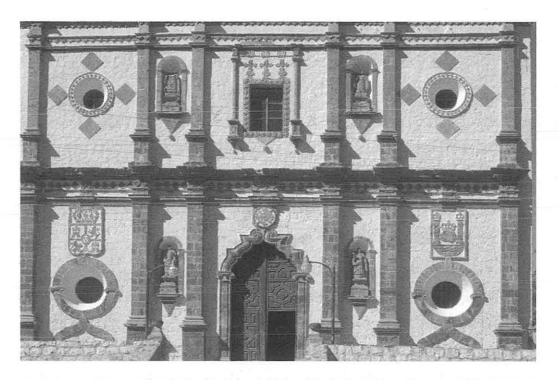


Figura 9
Fachada de la iglesia de la misión de San Ignacio Kadda Kaamán. Baja California del Sur. México

sobre pilastras dóricas, que centra el cuerpo bajo de una fachada retablo más compleja. Organizada en dos cuerpos y tres calles, la superposición de pilastras toscanas resulta el elemento más convencional, frente al empleo de entablamentos con decoración de rombos y bambalinas pétreas, fuera de cualquier rigor académico. Las calles en ambos pisos se abren con óculos y heráldica real española, completando el conjunto las esculturas en hornacinas de las entrecalles y la ventana central del segundo cuerpo que ilumina el coro, decorada con una reinterpretación manierista de medias columnas toscanas voladas sobre pedestales con peanas piramidales invertidas que sostienen un entablamento dórico (fig. 9). Completan la decoración estrellas y tres cruces en el dintel. Aun quedan al exterior restos de lo que fuera una recreación de sillares apreciable en los laterales de las dos torres que flanquean la fachada (fig. 10).

La presencia en los inventarios de herramientas, hace pensar que las misiones estaban perfectamente preparadas para acometer tanto la obra como las reparaciones necesarias de los edificios que conformaban. Así en la misión de Loreto encontramos la siguiente relación de herramientas para albañilería y carpintería: «Seis cucharas; quatro buenas, y dos inservibles / Seos coas / Seis azadones / Tres Picaduras / Una Escoda / Tres escoplos de labrar piedra / Quatro martillos / Dos Podaderas / Una escuadra / Una plomada / Una cuña / Dos barras grandes / Dos adoberas / Cinco ladrilleras / Una adobera de horno / Una vara de Me-



Figura 10
Detalle de una de las torres de la iglesia de la misión de San Ignacio Kadda Kaamán. Baja California del Sur. México

dia / Una azuela de dos manos / Dos mediasalmudes».[6] Una relación que permite al menos comprobar que se debía estar preparado tanto para trabajar la piedra como la tierra con los escoplos de labrar piedra y las ladrilleras y adoberas reseñadas.

Conclusiones

Las iglesias de Nuestra Señora de Loreto y de San Ignacio Kadda Kaamán, ejemplifican los procesos que se desarrollaron en la conformación de las misiones de Baja California a lo largo del siglo XVIII. Sin dejar de lado otras misiones como las de Nuestra Señora del Pilar de la Paz, Santa Rosalía de Mulegé, San Francisco Javier Biaundó o San José del Cabo entre otras, la información que de materiales y sistemas constructivos aportan los documentos de los expedientes sobre los inventarios formados en la entrega de las Misiones de la antigua California de 1773, así como las distintas narraciones que describen el proceso evangelizador, permiten extraer una serie de conclusiones que por su carácter puntual es necesario incluir un una panorámica más amplia del proceso que se llevó a cabo en este territorio.

Por un lado los materiales de los que se habla como son la piedra, «cal y canto», ladrillo, madera y adobe, empleándose sistemas de cubrición como azoteas y bóvedas nos permiten considerar el empleo de materiales del entorno, aunque en el caso de los ladrillos, la presencia de hornos que permitieran su cocción, ponen de manifiesto el control y calidad en el proceso de elaboración de los mismos. Por otro lado las soluciones en cubierta muestran el recurso lógico de un sistema que evidencia la necesidad de ahorro de material, ya que la cubierta plana requiere de menos madera que la de doble agua, además de una clara aclimatación a las condiciones ambientales determinadas por la escasez de lluvia. Junto a ello, los espacios abovedados y cupulados que se desarrollan son la lógica solución al problema de falta de madera y la necesidad de cubrir grandes superficies de la forma más económica.

Junto a ello la cantidad y calidad de los datos, permite conocer el estado inacabado en el que se encontraban las construcciones en un momento posterior a la expulsión de los jesuitas comprobándose como la iglesia de Loreto era prácticamente la única que estaba finalizada para esa fecha, mientras que la de San Ignacio todavía se encontraba en construcción. Esto se debía a la participación esporádica de los indígenas en el trabajo de estos edificios, ya que en «las temporadas, que por sus turnos les caben de descanso no pocas veces lo han ocupado voluntariamente varios de ellos, ó caso todos ya en aliñar tierras para sus siembras, ya en conducir el agua para el mismo fin, ya en hacer adoves, y desmontar sitios para sus iglesias, y pueblo» (Baegert 1942). En ese sentido quedaría por resolver el papel que llegaban a jugar aquellos en los procesos constructivos habida cuenta del poco número de religiosos y soldados que emprendieron cada una de estas acciones, además del verdadero grado de intervención de los religiosos en los procesos de planeamiento de los edificios y su ejecución, que en ocasiones es la única explicación a la calidad y resolución de algunas de las estructuras.

Las modificaciones que se pueden identificar en estos edificios, han afectado incluso al entorno de los mismos, muchos de los cuales han visto como han desaparecido los atrios que los precedían, lo que junto al hecho de que son muy pocos los casos que mantienen una imagen fiel a la original, su interpretación obliga a un análisis detenido de los datos para poder reconstruir sus estructuras.

Las misiones de Baja California del Sur, no son más que parte de una de las acciones más impresionantes llevadas a cabo por las órdenes religiosas en América. Imponiéndose a uno de los climas más severos del planeta y a algunos de los grupos humanos más reacios al contacto con el hombre occidental, un conocimiento más profundo de las mismas, así como su verdadera dimensión, mexicana y estadounidense, ayudaría a abordar el análisis de lo que fue uno de los últimos capítulos evangelizadores en América, en el que el control del territorio y el espiritual de sus habitantes, eran los objetivos principales que iban de la mano.

Notas

1. La consulta de información en el Archivo General de la Nación de México se ha realizado en varias estancias realizadas entre los años 2005 y 2007.
2. El trabajo de campo se centró en la visita y recogida de material fotográfico en las misiones del actual estado de Baja California del Sur entre los meses de enero y febrero de 2006. En concreto se trabajo en las misiones de Nuestra Señora de Loreto, fundada en 1697; San

Francisco Javier Biaundó, fundada en 1699; Santa Rosalía de Mulegé, fundada en 1705; San Ignacio Kadda Kaamán, fundada en 1716; Nuestra Señora del Pilar de la Paz, fundada en 1720; Santiago, fundada en 1721; San José del Cabo, fundada en 1730 y Santa Rosa de Todos los Santos, fundad en 1730.

3. Archivo General de la Nación. Año 1773. Californias Nº 26 GG. n. 5. Expediente sobre los inventarios formados en la entrega de las Misiones de la antigua California que hicieron los PP. del Colegio App.co de Sn. Fernando á los de la Orden de Predicadores, con que dio cuenta el Pe. Presidente de estos. 220 r.
4. Archivo General de la Nación. Año 1773. Californias Nº 26 GG. n. 5. Expediente sobre los inventarios formados en la entrega de las Misiones de la antigua California que hicieron los PP. del Colegio App.co de Sn. Fernando á los de la Orden de Predicadores, con que dio cuenta el Pe. Presidente de estos. 230 r.
5. Archivo General de la Nación. Año 1773. Californias Nº 26 GG. n. 5. Expediente sobre los inventarios formados en la entrega de las Misiones de la antigua California que hicieron los PP. del Colegio App.co de Sn. Fernando á los de la Orden de Predicadores, con que dio cuenta el Pe. Presidente de estos. 286 r.
6. Archivo General de la Nación. Año 1773. Californias Nº 26 GG. n. 5. Expediente sobre los inventarios formados en la entrega de las Misiones de la antigua California que hicieron los PP. del Colegio App.co de Sn. Fernando á los de la Orden de Predicadores, con que dio cuenta el Pe. Presidente de estos. 221 r.

Lista de referencias

Abbad y Lasierra, Iñigo. [1783] 1981. *Descripción de las Costas de California*. Editado por Sylvia Lyn Milton. Madrid: CSIC, Instituto Gonzalo Fernández de Oviedo.

Baegert, Juan Jacobo. 1942. *Noticias de la península americana de Baja California*. México: Antigua Librería de los Robredo.

Barco, Miguel del. [1757] 1988. *Historia Natural y Crónica de la Antigua California*. México: UNAM.

Burrus, Ernest; Zubillaga, Félix. 1986. *El noroeste de México. Documentos sobre las Misiones Jesuíticas, 1600–1769*. México: UNAM.

Clavijero, Francisco Javier. [1789] 1970. *Historia de la Antigua o Baja California*. México: Porrúa.

Coronado, José. 1994. *Descripción e inventarios de las misiones de Baja California, 1773*. México: UNAM.

Díaz, Marco. 1986. *Arquitectura en el desierto: misiones jesuitas en Baja California*. México: UNAM.

Espinosa Spínola, Gloria. 1999. *Arquitectura de la Conversión y evangelización en la Nueva España durante el siglo XVI*. Almería: Universidad.

León Portilla, Miguel. 1995. *La California Mexicana. Ensayos acerca de su historia*. México: UNAM.

León Portilla, Miguel. 2001. *Cartografía y crónicas de la Antigua California*. México: UNAM.

Messmacher, Miguel. 1997. *La búsqueda del signo de Dios. Ocupación jesuita de la Baja California*. México: Fondo de Cultura Económica.

Palou, Francisco. [1768-1773] 1994. *Cartas desde la península de California (1768-1773)*. Editado por José Luis Soto Pérez. México: Porrúa.

Piñera Ramírez, David. 1991. *Ocupación y uso del suelo en Baja California. De los grupos aborígenes a la urbanización dependiente*. México.

Río, Ignacio del. 1984. *Conquista y aculturación de la California Jesuítica, 1697–1768*. México: UNAM.

Río, Ignacio del. 2000. *Crónicas jesuíticas de la Antigua California*. México, UNAM.

Río, Ignacio del; María Eugenia Altable Fernández. 2000. *Breve historia de Baja California del Sur*. México: Fondo de Cultura Económica.

La contribución de E. M. Gauthey al desarrollo de la teoría de cúpulas: el informe de 1771 sobre la estabilidad de la iglesia de Santa Genoveva en París

Gema López Manzanares

En 1771 el ingeniero Emiland M. Gauthey publicó una *Mémoire sur l'application des principes de la Méchanique a la construction des voutes et des domes*. En ella trató de responder al arquitecto Patte acerca de todas las objeciones que éste había puesto en su informe de 1770 a la construcción de la cúpula de la iglesia de Santa Genoveva de París, cuyos pilares consideraba de dimensión insuficiente (Straub 1952; Heyman [1985] 1995; Guillerme 1989; Huerta 1990, 2004; Coste *et al.* 1993; González Moreno-Navarro 1993; López 1998, 2005).[1]

El problema propuesto por Patte

Gauthey comienza su memoria señalando la tardía aplicación de «las reglas de la Mecánica» a la Arquitectura:

> . . . parece que los Arquitectos no hubieran tenido jamás otra guía, en los preceptos que han dado, que su gusto o su genio, & no ha sido sino después de largos razonamientos & a través de los propios errores de los Artistas más famosos cuando algunos Matemáticos han descubierto por fin los principios más importantes de la construcción de los edificios.[2]

La Hire fue uno de esos matemáticos, que se dio cuenta de la necesidad de encontrar un principio para dimensionar el espesor de los contrafuertes que soportan las bóvedas (Huerta y Hernando, 1998). Pero Patte lo había aplicado mal, según Gauthey, al duplicar el espesor obtenido. Según Gauthey, no se pueden extraer consecuencias válidas de edificios construidos sin ningún principio científico y proporciones tan variables como los elegidos por Patte. En realidad, la teoría permite rebajar esas proporciones.

El método de La Hire para el cálculo del espesor de los estribos

Aunque Gauthey defiende la aplicación de los principios de la Mecánica, los somete a crítica. A diferencia de Patte, no cree que las fórmulas sean tan exactas como para suponer que cualquier pequeña imperfección afectaría gravemente a la estabilidad.[3] Es más, la teoría se basa en simplificaciones que Gauthey no considera siempre válidas; además de que no se había encontrado una solución universal, es decir, un resultado único y verdadero, los matemáticos eran conscientes de la cierta inexactitud de sus cálculos y preferían adoptar hipótesis más desfavorables para una aplicación segura en la práctica. Por tanto, no sólo no había que incrementar el espesor obtenido a través de las fórmulas sino que incluso podía reducirse.[4]

A continuación, Gauthey analiza el método de La Hire, el más utilizado para dimensionar los estribos de las bóvedas. Basándose en él otros autores habían elaborado fórmulas que permitían un más fácil manejo en la práctica, como Bélidor (1729), cuyas fórmu-

MÉMOIRE
SUR L'APPLICATION
DES PRINCIPES DE LA MÉCHANIQUE
A LA CONSTRUCTION
DES VOUTES ET DES DOMES,

Dans lequel on examine le Problême propofé par M. PATTE, relativement à la conftruction de la Coupole de l'Eglife Sainte-Genevieve de Paris.

Par M. GAUTHEY, Sous-Ingénieur des Etats de Bourgogne, de l'Académie des Sciences, Arts & Belles-Lettres de Dijon.



A DIJON,
De l'Imprimerie de LOUIS-NICOLAS FRANTIN, Imprimeur du Roi, rue Saint-Étienne.
Et fe vend, A PARIS,
Chez CLAUDE-ANTOINE JOMBERT, fils aîné, Libraire rue Dauphine.

M. DCC. LXXI.
AVEC APPROBATION ET PERMISSION.



Figura 1
Portada de la *Mémoire sur l'application des principes de la Méchanique* (Gauthey 1771)

las empleó Patte. La intención de Gauthey es ver si las hipótesis adoptadas en ese método eran las más correctas.

El método de La Hire consideraba la bóveda en un estado de colapso. Gauthey explica cómo La Hire había observado «que las bóvedas cuyos estribos no tienen un espesor suficiente para resistir al empuje, se agrietan normalmente hacia la mitad de los riñones.»[5] La Hire calcula entonces el espesor que hay que dar al estribo para que no se produzca ese agrietamiento, sin tener en cuenta el rozamiento en la junta de los riñones. El empuje de la cuña central, perpendicular a la junta de rotura, produce un momento respecto al borde exterior del estribo que ha de ser equilibrado por el peso del resto de la bóveda. Gauthey desarrolla para un arco de trasdós recto el procedimiento de dimensionado del estribo según la Fig. 1 de la figura 2.[6]

Las hipótesis adoptadas en el método de La Hire

La posición de junta de rotura

En primer lugar hay que considerar el punto en el que se supone se produce la rotura. Como se puede ver en la figura la junta de rotura se ha obtenido mediante la intersección de una recta a 45° con la sección de la bóveda. Gauthey aclara que esta hipótesis no es válida en todos los tipos de bóvedas, pero para las de intradós semicircular resulta ser la que exige un mayor espesor del contrafuerte. Es decir, la hipótesis es la más desfavorable, y eso lo demuestra calculando el espesor de una bóveda de cañón situando la junta en tres posiciones distintas, una de ellas a 45° y las otras dos a un pie por encima y por debajo de ese ángulo, respectivamente. El espesor requerido en la hipótesis de la junta a 45° es el mayor de los tres obtenidos.[7]

Sin embargo, el punto donde se produce la rotura no sólo queda determinado por el ángulo, o sea la junta en la que se produce, sino su posición dentro de ésta. Bélidor, y por tanto también Patte, colocaba el llamado *centre d'impreffion* en el punto medio de la sección. Gauthey, sin embargo, dice que ha de suponerse que el empuje actúa en la parte más próxima a la arista de intradós, lo que significa un brazo de palanca menor y por tanto, un momento desestabilizante debido a la *puiffance agiffante* más pequeño.[8]

Además, Gauthey señala que para simplificar los cálculos se ha supuesto que el centro de gravedad de la parte de bóveda situada por debajo de la cuña coincide con el del estribo. Pero el brazo de palanca sería mayor puesto que el centro de gravedad se sitúa más hacia el interior gracias a la parte de bóveda adosada al estribo, y eso aumenta el momento estabilizante de la *puiffance réfiftante*. Por otro lado, la junta de rotura sería vertical en la zona del trasdós, lo que implica una cuña de menor peso y un contrarresto más fuerte.

La fuerza de rozamiento

Al evaluar el momento que han de contrarrestar los estribos debido al empuje de la cuña, no sólo influye su punto de aplicación, sino también el ángulo que forma con la junta de rotura. El modelo de la cuña se basa en la hipótesis de que no hay rozamiento entre las dovelas y por tanto ese ángulo debe ser de 90º. Pero Gauthey propone un ejemplo para explicar que esta hipótesis dista mucho de la realidad constructiva. Es como si en las juntas de rotura hubiera pequeñas esferas de hierro fundido transmitiendo el empuje. Pero en la realidad la superficie de las dovelas no está pulida de ese modo. La conclusión es que La Hire estaba utilizando esta hipótesis de forma consciente para obtener resultados del lado de la seguridad.

Interesa aquí explicar la revisión que hace Gauthey de los resultados cuando se considera que sí hay rozamiento. Para ello transforma la cuña del arco en una esfera de peso equivalente soportada por dos barras articuladas, Fig. 2 de la figura 2. Para que las barras no se abran debido al peso de la esfera hay que aplicar en sus extremos dos fuerzas perpendiculares, LH y KJ (o lo que es lo mismo, un empuje perpendicular a la junta de rotura). Para componer estas fuerzas sustituye LH y KJ por AK y AL respectivamente, cuya resultante es el peso de la esfera, o sea AC. Ahora bien, ese movimiento no puede producirse sin que la esfera deslice sobre las barras. Pero para que se inicie ese deslizamiento hay que vencer la fuerza de rozamiento de la esfera con las barras. Gauthey da tres posibles valores para la fuerza de rozamiento dependiendo de la talla de las piedras. Normalmente hace falta una fuerza de al menos 1/2, o incluso 2/3 del peso de la piedra que se quiere desplazar. Si las superficies estuvieran perfectamente pulidas bajaría a 1/3.

Pues bien, en el modelo de la esfera Gauthey toma un coeficiente de rozamiento intermedio, de 0,5. Eso significa que en el momento en que LH y KJ no fueran suficientes para contrarrestar el peso de la esfera se desarrollarían fuerzas de rozamiento en L y K, paralelas a la barra y sentido ascendente, cuyo valor es igual a la mitad de LH y KJ. Como AL y AK representan a KJ y LH, AF y AE serán las fuerzas de rozamiento aplicadas en K y L respectivamente, que compuestas dan una resultante vertical AG.

La conclusión es que las fuerzas de rozamiento también colaboran a contrarrestar el peso de la esfera, igual ahora a la suma de AG y AC. Eso quiere decir que el empuje, o sea las fuerzas LH y KJ aplicadas en los extremos de las barras valen dos tercios respecto a la hipótesis sin rozamiento. Es como si la cuña pesase 2/3 veces menos.

Gauthey vuelve a calcular el espesor del estribo a la derecha de la Fig. 1 en la figura 2, en la hipótesis de rozamiento entre las juntas, utilizando en la fórmula un valor de P reducido en 2/3. Realizando la simplificación de que GF=PO, obtiene un espesor TG 1/6 veces menor que en la hipótesis sin rozamiento.[9]

La tenacidad

Por último, Gauthey considera que la tenacidad de los morteros ayudaría a impedir el deslizamiento y, por tanto, incluso en la hipótesis de rozamiento entre las juntas se estaría del lado de la seguridad.

Hipótesis que podrían ir en contra de la seguridad

Gauthey reflexiona incluso sobre el hecho de que los estribos o los muros de apoyo se agrietan en ocasiones a la mitad de la altura. Sin embargo, demuestra que, salvo que existan defectos graves en esa zona que disminuyan de forma importante su solidez, el estribo girará hacia fuera en torno al borde de la cimentación.[10]

Tampoco cree que las grietas numerosas que, a veces, aparecen en los arcos, repercutan en la estabilidad global, esto es, que las *puiffances agiffantes* «tengan más efecto que cuando se encuentran reunidas en un solo esfuerzo.»[11]

Gauthey termina con una cita de Bélidor sobre la seguridad que ofrece la teoría.

El proceso constructivo: el descimbrado

Para terminar esta parte general, Gauthey habla de la única situación en la que el método de La Hire está justo en el límite de la seguridad: el momento del descimbrado. En ese momento dice, cuando los morteros no han fraguado, se podría considerar que entre las juntas hay esferas que permiten el deslizamiento de las piedras e interrumpen la conexión entre éstas,

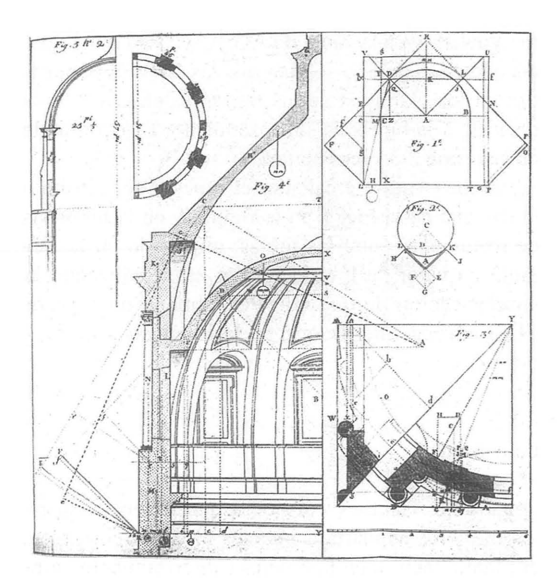


Figura 2
Dimensionado del estribo de las bóvedas. Aplicación a la cúpula proyectada por Soufflot en 1764 (Gauthey 1771)

es decir, que no se podría contar con el rozamiento ni con la tenacidad.

Se cita el caso de un depósito dimensionado de acuerdo con el método de La Hire que se desplomó en el momento del descimbrado.[12] Eso le da pie a explicar que la compresibilidad del terreno también es un factor a considerar, que puede invalidar los resultados de la teoría. Pero, eso sí, «el tambor de la cúpula está soportado por una fábrica incompresible»,[13] y no hay que regruesar con zapatas el muro como se suele hacer con los edificios apoyados directamente en el suelo. Patte también contaba con que había que aumentar el espesor del tambor por este motivo.

Otra forma de disminuir los riesgos del descimbrado es reducir el tiempo de fraguado de los morteros, por ejemplo empleando yeso, o manteniendo las cimbras el mayor tiempo posible.

Así, para la cúpula de Santa Genoveva propone que la interior se haga de materiales ligeros, tufo o ladrillo unidos con yeso. Esto disminuiría mucho los empujes. Para la cáscara exterior, que ha de ser más resistente, propone la sillería y que se dejen las cimbras todo el tiempo necesario hasta el fraguado del mortero, ya que quedarían ocultas a la vista por la cáscara inferior. Incluso llega a proponer en este sentido la colocación de zunchos de hierro, útiles hasta la consolidación de las fábricas.[14]

Aplicación de la teoría al cálculo del empuje de la cúpula y las naves de Santa Genoveva

La cúpula

En el quinto apartado de su *Mémoire* Gauthey aplica el método de La Hire al análisis de la estabilidad de la cúpula de Santa Genoveva. Es decir, estudia un modelo de colapso de la cúpula proyectada por Soufflot en 1764, Fig. 4 en la figura 2, y comprueba la relación entre los momentos desestabilizantes y los estabilizantes.

Hipótesis del análisis

Gauthey explica que toma de Patte la figura de la cúpula, pero a un tamaño mayor. Aunque en el apartado dedicado a la teoría recomendaba construir la cúpula interna con materiales ligeros aquí va a calcularla como si fuera de sillería. Indica también el espesor de la cúpula externa, de dos pies en el punto más delgado y sin contar las gradas.

El modelo de rotura

El método de La Hire se aplicaba a los arcos y a las bóvedas pero no concretaba el caso de las cúpulas. Gauthey va a tener en cuenta entonces la posible aparición de patologías en la cúpula de Santa Genoveva, deduciendo que ésta podría agrietarse en el plano de los meridianos por las zonas más débiles de la fábrica, las ventanas del tambor. Aunque de las ocho ventanas, cuatro corresponden a refuerzos importantes del muro y no constituyen por tanto zonas debilitadas, considera que también allí se producirán grietas. Es decir, divide la cúpula en sectores, ocho, que después se analizarán independientemente como arcos de espesor variable. En este sentido resulta interesante la crítica de Gauthey a Frézier, el primero en analizar las cúpulas dividiéndolas en sectores, y la inexistente mención a Poleni o a Bossut.[15]

Además, hay que determinar la posición de la junta de rotura de los riñones. Gauthey coloca la de la cúpula externa, de tercio punto,[16] a la mitad del desarrollo del intradós entre el arranque y la base de la linterna, y la dirección la determina ese punto y el centro A del arco de la circunferencia. La de la cúpula interior, semiesférica, la coloca a 45° a partir del punto B, centro de la circunferencia de intradós, Fig. 4 en la figura 2.[17]

El análisis de la cúpula

Una vez dividida la cúpula en ocho partes el análisis consiste en aplicar el método de La Hire a estos arcos de espesor variable. Primero, evalúa los volúmenes de las diferentes partes de la estructura: la linterna, las dos bóvedas y el tambor, incluso los que hay que descontar por la existencia de huecos, y teniendo en cuenta la posición de las juntas de rotura de ambas cúpulas, tabla 1.[18] Después, calcula los momentos estabilizantes y desestabilizantes que producen los pesos de las distintas partes, pero en base a los volúmenes de la tabla 1, es decir, suponiendo la estructura construida con un material homogéneo.

Tabla 1
Evaluación de cargas de la cúpula de Santa Genoveva proyectada por Soufflot (Gauthey 1771)

[14] *Parties de la Coupole.*	*Surface du profil.*		*Circonférence que décrit le centre de gravité.*		*Cube de chaque partie de la coupole.*		*Huitieme du cube des parties de la coupole.*		
	pi	po	pi	po	pi	po	pi	po	
Le piédeſtal & le grouppe, . . G=	70	6	16	9	1180	10	147	7	
Le deſſus de la voûte en tiers point, H	78	0	91	8	7150	0	893	9	
Le deſſous de la voûte en tiers point, J	78	5	179	8	14088	9	1761	1	
L'attique & corniche du tambour, K	100	3	215	10	21637	2	2704	8	
Le tambour où ſont les colonnes, L	120	0	211	1	25330	0	3166	3	13747.
Le ſocle au deſſous des colonnes, M	135	0	217	4	29340	0	3667	6	
Le deſſus de la voûte en cul de four, O	30	0	78	5	2352	0	294	0	
Le deſſous de la voûte en cul de four, P	36	0	176	0	6336	0	792	0	
Les ſeize demi-colonnes du pourtour, ...					2400	0	300	0	
Les parties au deſſus des lunettes de la voûte en cul de four,					160	0	20	0	
Le cube des corniche & attique des avant-corps, *q* . .					8320	0	1040	0	
Le cube du tambour des avant-corps, . . . *r* . .					12800	0	1600	0	4157 6
Le cube des ſocles des avant-corps, . . . *s* . .					10480	0	1310	0	
Les huit colonnes des avant-corps, . . . *x* . .					1660	0	207	6	
A DÉDUIRE									
Le vuide des huit fenêtres & des œils de bœuf, . . .					4352	0	548	0	
Les quatre grandes lunettes de la voûte en tiers point, .					3844	0	480	6	
Les quatre petites lunettes de la même voûte, ...					96	0	12	0	
Les huit lunettes de la voûte en cul de four, ...					432	0	58	0	1677 6
Les quatre fenêtres & les œils de bœuf des avant-corps, .					3536	0	442	0	
Le cube d'une partie du ſocle au deſſus des arcs de la nef,					1096	0	137	0	

F

Momentos desestabilizantes

En primer lugar, Gauthey calcula el valor del empuje de cada una de las cúpulas. Éste viene determinado por la junta de rotura de los riñones, y en ambos casos, se supone aplicado en la mitad de la sección. Después, sabiendo el peso de las cuñas que determinan esas juntas y la dirección en la que actúan los empujes respectivos de las cúpulas puede obtener fácilmente su magnitud. El de la cúpula superior se obtiene estableciendo una relación proporcional entre el peso de la cuña y el empuje equivalente a la que hay entre el lado TC y el CV del triángulo TCV de la figura. Lo mismo se hará para el de la cúpula inferior, pero con el triángulo SDB.

Conocida la magnitud de ambos empujes, sólo quedaría obtener el momento que producen respecto al punto R, el borde exterior de la base del tambor. Para ello habrá que trazar una perpendicular a las líneas de acción de los empujes, CE y DF, y medir la distancia a ellas desde el punto R, o sea, los brazos de palanca, RE y RF en la Fig. 4, figura 2.

Momentos estabilizantes

Una vez calculados los momentos desestabilizantes, los estabilizantes se obtendrán multiplicando los pesos por su brazo de palanca respecto al mismo punto R. Para encontrar el centro de gravedad de un sector de cúpula, Gauthey proyecta las líneas de acción de los pesos de las diversas partes estabilizantes sobre la recta YR en la sección de la Fig. 4. Después lleva esas distancias sobre la recta YR de la Fig. 3, es decir, la bisectriz en planta del sector, donde R es el verdadero punto de vuelco. Hace una serie de agrupamientos entre los pesos, como J y P; K, L y M y, por separado, N (el peso de las columnas), es decir, obtiene el centro de gravedad de esos pesos agrupados sobre la YR de la Fig. 3. Después traza arcos con centro en Y que pasan por los que serían centros de gravedad de la sección, y después, en cada uno, la cuerda que determina aproximadamente el ángulo mitad del sector, cuya intersección con la recta YR da la verdadera posición de los centros de gravedad.

Por último, vuelve a llevar estas magnitudes a la sección de la Fig. 4, que aunque no corresponde a la YR de la planta la representa, y obtiene los mo-

mentos respecto al punto R. El resultado obtenido es:

Me = 66233 pies^4 10 pulgadas^4
Md = 42223 pies^4 10 pulgadas^4

Y teniendo en cuenta la fuerza de rozamiento, que deja reducido el peso de las cuñas a 2/3, la relación es todavía más favorable, es decir, para el mismo momento estabilizante[19]

Md = 28146 pies^4

Los macizos de contrarresto

Al parecer estaba prevista la colocación de una serie de macizos de contrarresto en el tambor coincidentes con los pilares, Fig. 3 en la figura 2. Gauthey, que en la primera hipótesis no los tuvo en cuenta, va a demostrar que favorecen la relación entre los momentos estabilizantes y desestabilizantes.[20] Además tiene en cuenta que en ambas cúpulas existen una especie de nervios entre los lunetos que canalizarán los empujes en el plano YF de la Fig. 3.

Como antes, obtiene los momentos que producen los empujes de las dos cúpulas, pero ahora respecto a la línea AB, tangente al tambor y al macizo en el fragmento de cúpula analizado, en torno a la cual volcaría la cúpula si no hubiera equilibrio. Así, para los momentos estabilizantes, los brazos de palanca se obtienen midiendo la distancia desde la línea YR a la AB. Para el cálculo de los momentos desestabilizantes proyecta los empujes contenidos en el plano, cuya traza en planta es YF, Fig. 3, sobre un plano perpendicular a la línea AB, de lo que resulta un empuje menor del correcto, compensado al llevar a la sección las distancias de C y D a la línea AB, que dan un brazo de palanca mayor del real.

Los resultados obtenidos en esta hipótesis serían:

Me = 101221 pies^4
Md = 35527 pies^4

Teniendo en cuenta el rozamiento los resultados son aún más favorables:

Me = 101221 pies^4
Md = 23682 pies^4

El punto de vuelco en la base

Como ya demostró, si hubiera tomado el momento de vuelco en un punto más alto del tambor, donde empieza el zócalo, los resultados serían aún más favorables.

El muro de Patte

Patte había obtenido el espesor del muro estableciendo el equilibrio entre los momentos estabilizantes y los desestabilizantes. Gauthey vuelve a calcular la relación entre los momentos para la cúpula doble de la Fig. 4, figura 2, en la hipótesis de que el muro fuera el calculado por Patte y que el vuelco se produjera por encima del zócalo, sin tener en cuenta la contribución de los macizos de contrarresto.

Como se puede ver los brazos de palanca re y rf han disminuido y aunque también lo han hecho rq y rT, que son los que dan el momento estabilizante, el balance total es en este caso más favorable que en la hipótesis de Patte donde la relación entre unos y otros momentos era de 1.[21]

Los resultados obtenidos por Gauthey son:

Me = 33493 pies^4
Md = 30922 pies^4

La altura del tambor

Como el problema planteado por Patte radicaba en la insuficiencia de los pilares para soportar una cúpula de esas dimensiones, Gauthey calcula incluso la estabilidad en el caso de que la cúpula con los macizos de contrarresto estuviera colocada sobre un muro de treinta metros más de altura y el mismo espesor que el zócalo.[22] De nuevo los resultados confirman la estabilidad:

Me = 133209 pies^4
Md = 64905 pies^4

La posición de la junta de rotura de los riñones

Por último, Gauthey vuelve a considerar la posición de la junta de rotura y comprueba numéricamente

cuál sería la relación entre los momentos suponiendo la junta en los arranques de la cúpula, cuyo empuje se representa a línea de rayas discontinuas en la Fig. 4, sin considerar la contribución de los macizos de contrarresto y del rozamiento. El resultado es más desfavorable pero aun así sigue siendo seguro:

Me = 59933 pies^4
Md = 44590 pies^4

Interpretación de los resultados

Por último es interesante conocer cómo valora Gauthey la relación entre los momentos:

> Solamente se puede concluir que, cuando la potencia resistente es el triple de la potencia activa todavía se podría cargar la clave de la cúpula con un peso triple que el actual sin romper el equilibrio.[23]

La estructura sustentante de la cúpula

Como el problema parecía residir en la dimensión insuficiente de los pilares, Gauthey también analiza la estabilidad de la estructura sustentante de la cúpula, donde la dimensión de los arcos torales debía ser de «cuarenta pies de diámetro, cincuenta y cuatro pies de altura para los pilares y cuatro pies, tres pulgadas de espesor medio en la clave».[24]

Gauthey analiza la validez del espesor de los pilares, variable según la dirección que se considere por su planta triangular. En todos los casos analiza un modelo agrietado de la estructura, grietas que se producirán en el punto F de la Fig. 3, figura 2, en la zona donde el macizo de contrarresto de la cúpula conecta con el tambor y que él considera la hipótesis más desfavorable. Eso conlleva un reparto de la carga de la cúpula sobre los arcos torales y las pechinas tal que la zona de la clave de los arcos junto a la parte correspondiente de las pechinas soporta 1/6 del peso total, mientras que el resto de las pechinas unidas a los pilares soportarán 1/12 parte de ese mismo peso más los macizos de contrarresto. Es decir, no se tiene en cuenta la componente horizontal del empuje procedente de la cúpula, sino sólo las cargas verticales que actúan sobre la estructura soporte. Nuevamente, como en el análisis de la cúpula, hay que encontrar la relación que existe entre el momento que produce el empuje sobre el pilar y el que lo contrarresta y para ello también hace falta evaluar el peso de cada una de las partes de la subestructura.[25]

Comienza por la dirección diagonal.[26] Es necesario, en primer lugar, obtener el valor del empuje de un arco toral en su plano según el método de La Hire, Fig. 5, figura 3. La junta de rotura se ha colocado a 45º (es decir, la que determina el punto F de la Fig. 3, figura 2) y en el peso de la cuña se incluyen el del arco toral, la parte de pechina que quedaría adherida a él, más 1/6 del peso total de la cúpula. El valor del empuje, que actúa perpendicularmente en el punto medio de la junta de rotura, se deduce del ángulo que forma con el peso total de la cuña, 45º. Después, como en cada pilar concurren dos arcos torales habría que componer los empujes que producen cada uno de ellos en el espacio. En todo caso la resultante queda definida por su magnitud y dirección, siendo aquí el punto de aplicación o, situado en la diagonal del pilar a la misma altura que la junta de intradós que define la cuña del arco toral, Fig. 6, figura 3.[27] Para conocer la magnitud del empuje total se sirve de la planta de la Fig. 3, figura 2, y establece que la relación entre el empuje de cada uno de los arcos y la resultante es la que guardan en planta sus componentes horizontales. Después hay que conocer la dirección del empuje y para ello se sirve de una construcción geométrica. Une en planta los puntos c y h que son los que indican la posición de la rótula de los arcos torales en su borde exterior, y desde c traza una perpendicular a la línea ad obteniendo el punto b. Después, ya en la Fig. 6, lleva la distancia cb sobre la horizontal desde o y después en vertical ca=bn. De este modo, uniendo n con o se tendría la dirección del empuje.[28]

Por último, no queda más que obtener el momento que daría este empuje multiplicando su valor por el brazo de palanca, Pq, donde P representaría el vértice del pilar. Del mismo modo obtendríamos el momento de los pesos que contrarrestan el empuje, una fuerza vertical que actúa a una distancia mP del borde del pilar.[29] Los resultados obtenidos en esta hipótesis son favorables:

Me = 334120 pies^4
Md = 267077 pies^4

Estos valores le permiten deducir que el pilar sería estable sometido al empuje de un sólo arco toral, que

actuaría en el plano donde la dimensión del pilar es mayor, exceptuando la diagonal de la planta triangular del pilar, dirección en la cual nunca sufrirá empujes. Vuelve a calcular los valores de los momentos para esta hipótesis, que resultan más favorables incluso.[30] Es decir:

Me = 341891 pies^4
Md = 233366 pies^4

Las pechinas

Antes de comprobar si los pilares serían estables sometidos al peso en voladizo de las pechinas, Gauthey analiza el comportamiento estructural local de estos elementos.

Habría dos posibles modos de agrietamiento para las pechinas. Si se agrietaran horizontalmente, es decir, si apareciera una grieta paralela al pilar en planta sobre las pechinas, el empuje se produciría en el plano que contiene la diagonal del pilar. Si se produjeran grietas verticales en lugar o además del agrietamiento horizontal, el empuje debido al peso de la pechina se estaría produciendo sobre los arcos torales. Teniendo en cuenta la estereotomía de las pechinas, donde los planos de las juntas convergen en el eje de rotación de la cúpula, esta segunda hipótesis parece la más correcta. Gauthey deduce entonces que la cuña que se formaría en las pechinas empujaría contra los arcos torales al intentar descender. De este modo la componente horizontal en planta del empuje de las pechinas contrarrestaría en parte el empuje en la clave de los arcos torales. La componente perpendicular a ésta se transmitiría a las naves de la iglesia y sería contrarrestada por los diferentes elementos constructivos. Así, «los pilares no tienen prácticamente otro fin que soportar el peso».[31]

Incluso en la hipótesis de que las pechinas se agrietasen horizontalmente, al ser la curvatura de los sillares mucho menor en la zona de los arranques el empuje según el plano diagonal «no es comparable con el de una bóveda ordinaria».[32]

Por último, Gauthey decide comprobar como Patte la estabilidad al vuelco del pilar, en este caso hacia el interior, que provocaría el peso en voladizo de la pechina con toda la carga que ésta recibe.[33] Es decir, considera la parte de estructura entre las juntas de rotura F y O, Fig. 3 en la figura 2, y la analiza aisladamente.[34] El punto de vuelco considerado es G, situado en el arranque de las pechinas, Fig. 6 en la figura 3, y la sección del pilar analizada, la diagonal. Toda la carga que reciben las pechinas producirá un momento que tiende a volcar la parte de pilar considerado, que también soporta parte del macizo de contrarresto. El resultado obtenido es:

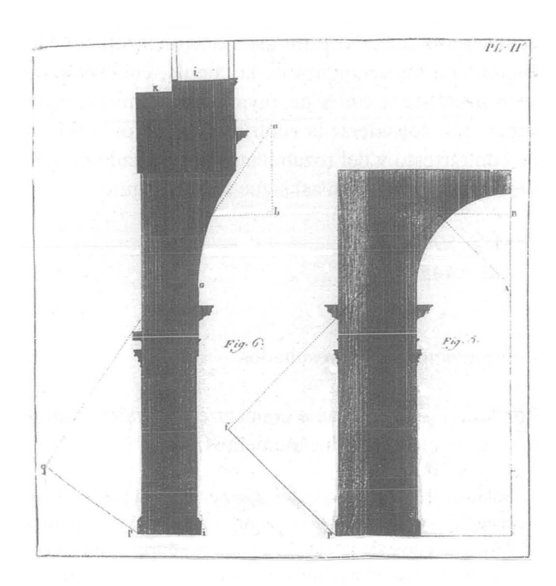


Figura 3
Estabilidad de los pilares sometidos al empuje de los arcos torales y las pechinas (Gauthey 1771)

Me = 68864 pies^4
Md = 67774 pies^4

Como el margen de seguridad no es muy amplio, Gauthey matiza que habría que haber tenido en cuenta el empuje de la cúpula, con su componente horizontal, la cual habría desplazado el centro de gravedad del contrapeso incrementando el valor de los momentos estabilizantes.

Intervenciones en la estructura del edificio

Columnas y arbotantes

En la parte final de su memoria, Gauthey dedica un apartado a proponer diversas medidas que mejorarían

la estabilidad del edificio. Según sus propias palabras, «se podrían suprimir los macizos construidos para soportar la cúpula dejando solamente las tres columnas adosadas a cada macizo».[35]

En este apartado Gauthey va a utilizar el concepto de resistencia para sus cálculos. Su objetivo es hacer intervenir a todo el edificio en la estabilidad de la cúpula, es decir, no solamente a los cuatro grandes macizos que reciben a los arcos torales, sino a todas las columnas de las naves y los muros perimetrales mediante la construcción de varios arbotantes.[36] En sus propias palabras:

> . . . empleando para la construcción de la cúpula de Santa Genoveva un procedimiento análogo al de los puntales de madera es fácil concebir que se puede sostener este edificio casi enteramente mediante una especie de puntales de fábrica, construyendo desde cada una de las pechinas robustos arbotantes que se apoyarían contra el ángulo entrante de los muros del perímetro, & en consecuencia contra estos mismos muros, que resistirían a su empuje en el sentido de su longitud, lo que daría a la cúpula puntos de apoyo firmes y entonces las columnas, así como los macizos no soportarían más que una pequeña parte.[37]

Analiza una cuarta parte de la estructura, Fig. 7 en la figura 4. En primer lugar obtiene el peso que soporta cada una de las columnas por su posición dentro de la planta.[38] Después establece una carga máxima que no se debe sobrepasar en cada columna. Esta carga viene determinada por la columna O, Fig. 9 en la figura 4.[39] Esa columna recibe el empuje del arco AB, de la misma luz que los arcos torales, cuya componente horizontal es necesario contrarrestar. La tribuna, con una luz mucho menor, contribuye a ello con un empuje simétrico también a 45° que no es suficiente. Hace falta colocar el arbotante DM, a 45°, que por su propio peso más el que toma de la cúpula iguale el empuje del arco AB. La carga vertical total que recibe esa columna (expresada por el volumen que la produce) es de 1600 pies^3.

El problema es, en definitiva, hacer que toda la retícula de columnas y los muros contribuyan a soportar el peso de la cúpula, que se transmite a través de arbotantes como los de la Fig. 8, figura 4. Pero incluso agotando la capacidad de cada columna, es decir, la carga que aún podría soportar cada una hasta llegar a 1600, todavía quedan 25204 pies^3 de la cúpula que repartir a los muros.[40] La solución constructiva pasa por construir una serie de arbotantes en dirección diagonal a 45°, KL, BM y HN, Fig. 7 en la figura 4. En las Figs. 10 y 11 de la misma lámina se representa el alzado de KL y BM, donde KL son en realidad dos arbotantes, que transmitirán una carga dos veces mayor que los laterales.

Gauthey también habla del dimensionado de los arbotantes y de su estereotomía. Una vez conocida la carga vertical que debe transmitir cada uno se puede conocer el área de su sección horizontal suponiendo que esa carga es proporcional al área de la sección de cualquier elemento estructural.[41] En cuanto a su estereotomía esos arbotantes deberán tener «redientes» en su encuentro con los elementos verticales, Figs. 10 y 11, figura 4.[42]

Intervenciones en la cúpula

Después de un apartado dedicado a analizar el comportamiento de las platabandas y la forma de mejorarlo con tirantes de hierro,[43] Gauthey estudia las operaciones que podrían realizarse en la cúpula para mejorar la estabilidad: colocar anclajes de hierro entre los sillares del tambor y tallar éstos de modo que las hiladas se empotrasen unas en otras una o dos pulgadas formando una especie de «cadenas de piedra».[44]

En cuanto al proyecto de la cúpula también propone algunas modificaciones que reducirían su peso y, por tanto, su empuje, Fig. 13 en la figura 4. Se trataría básicamente de construir ocho nervios de piedra que dirigirían los esfuerzos a los cuatro macizos de contrarresto, que tienen un gran brazo de palanca. Incluso se podría modificar el trazado de esos nervios colocando su arranque en un punto más bajo, lo que apuntaría la cúpula exterior reduciendo aún más el empuje.

Conclusión

Como conclusión, Gauthey considera que el proyecto de la cúpula, de perfil apuntado, se adecua perfectamente a la estabilidad. Los macizos de contrarresto se alejan lo más posible de la clave de los arcos torales, y canalizan los esfuerzos de la cúpula hacia los pilares por medio de los lunetos de la cúpula superior. Se podría reducir incluso el espesor del tambor entre los macizos de contrarresto. En cuanto al resto de la estructura del edificio Gauthey considera que

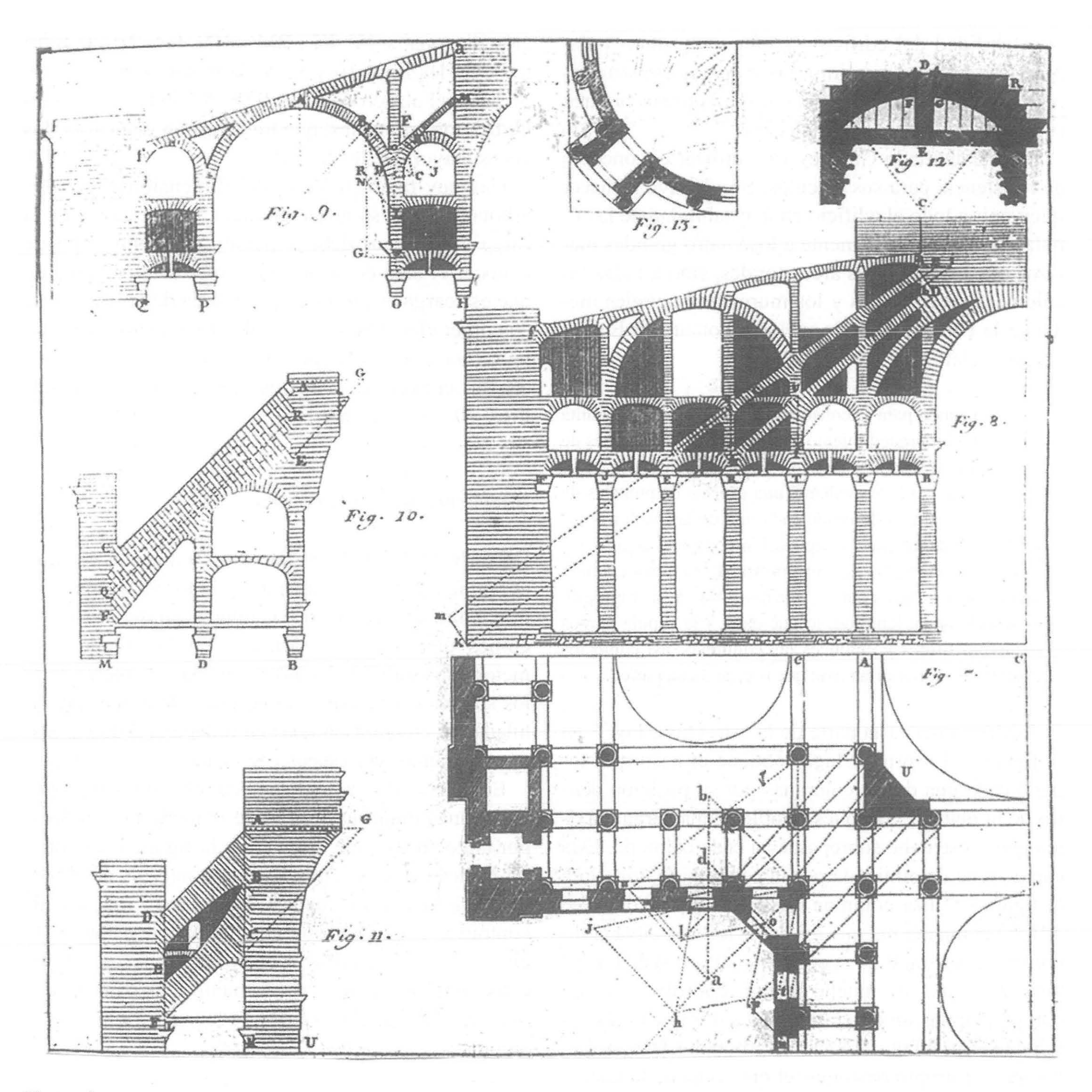


Figura 4
La estabilidad global del edificio. Arbotantes y platabandas (Gauthey 1771)

«el arte del Constructor consiste en dividir la carga entre todas las partes del edificio; es el fruto de un estudio profundo de las fuerzas que pueden contrarrestar a otras en todas las direcciones convenientes».[45] Y, como hemos visto, eso es lo que hace al repartir el peso entre las columnas y los arbotantes. La estructura, no sólo de la cúpula, sino la de todo el edificio actúa como una unidad según Gauthey, influido claramente por la tradición del Gótico en Francia. Su validez queda demostrada por una sabia aplicación de los principios teóricos a la práctica.

He intentado hacer ver, mediante diversos ejemplos, cómo se puede hacer uso de las Ciencias matemáticas aplicando sus principios al arte de la construcción de los Edificios: puede ser que si se razonase de este modo so-

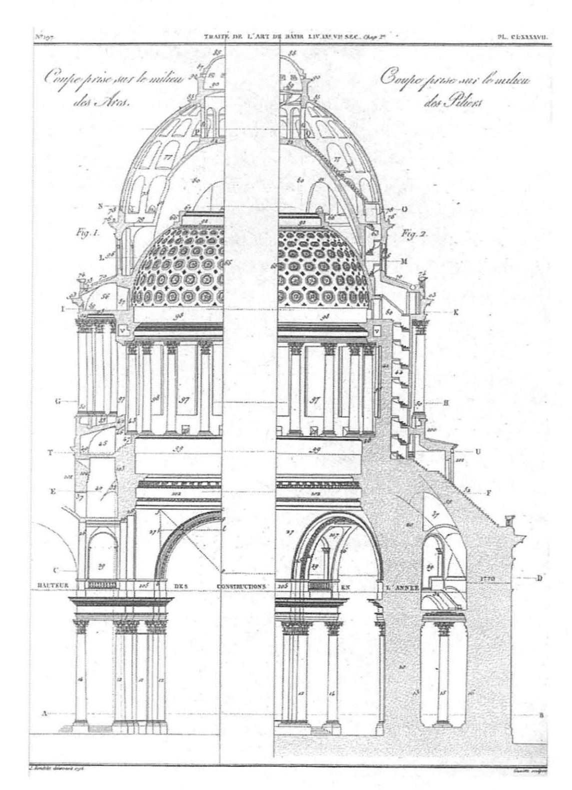


Figura 5
Sección de la cúpula de Santa Genoveva construida por Rondelet (Rondelet [1797], 1834–48)

bre las construcciones, apreciando los proyectos antes de ejecutarlos, esto fuera el mejor medio de lograr la perfección de este Arte; se sabría al menos lo que se puede intentar, & no se dejaría nada al azar.[46]

Notas

Gema M. López Manzanares es Profesora Titular en el Área de Construcciones Arquitectónicas. Estructuras de Edificación, Universidad de Alcalá de Henares.

1. Para demostrarlo, Patte analizó una cúpula ideal según las reglas de Fontana y del mismo tamaño de la proyectada por Soufflot, aplicando el método de La Hire. Ese mismo año, el matemático Bossut expuso públicamente sus investigaciones sobre la forma ideal de las bóvedas y un método para calcular el espesor del tambor de las cúpulas basado en La Hire, que aplicó al caso concreto de una cúpula parabólica similar a la de Santa Genoveva. Para Bossut el tambor de la cúpula sería capaz de resistir una linterna de peso doble a la proyectada. Gauthey, sin embargo, no menciona en ningún momento a Bossut, que no publicaría su trabajo hasta 1778.
2. Gauthey (1771, 2)
3. Patte (1770, 6)
4. Gauthey (1771, 5, n.1) comenta las aportaciones de: La Hire, Couplet, Danyzy, Derand, Blondel, Deschales, Delarue y Gauthier.
5. Gauthey (1771, 6)
6. Gauthey (1771, 6, n. 2)
7. Gauthey (1771, 7, n. 3). Según Parsons ([1939] 1976, 627), el pie en Francia equivalía a 0,3248 m.
8. Gauthey (1771, 7). Sin embargo, en la Fig. 1, de la figura 2, toma la del trasdós.
9. Gauthey (1771, 9, n.5)
10. Gauthey (1771, 10–11, n. 6)
11. Gauthey (1771, 11)
12. Según Gauthey (1771, 12) el caso es citado por Frézier (1743, 3: 348).
13. Gauthey (1771, 12)
14. Gauthey (1771, 13)
15. Gauthey (1770, 42–3, n. 15 y 15 (2)). Poleni dividió en cincuenta gajos la cúpula de San Pedro y Bossut consideraba gajos de espesor infinitesimal.
16. Gauthey (1771, 41, n. 14).
17. Gauthey no lo explicita, pero se puede deducir de la Fig. 4, figura 2.
18. Gauthey (1771, 41, n. 14). No explicita que haya aplicado la regla de Guldino, pero se puede deducir que lo hizo en base a los datos de la tabla.
19. Gauthey (1771, 45, n.17)
20. Gauthey (1771, 46–7, nn. 18 -19)
21. Gauthey (1771, 47–8, n. 20)
22. Gauthey (1771, 48, n. 21)
23. Gauthey (1771, 47)
24. Gauthey (1771, 49). La anchura en planta de los arcos torales, 5 fi , la indica Gauthey anteriormente, en las pp. 13–15, valor que no coincide con los 3 pies 9 pulgadas de Patte (1770).
25. Gauthey (1771, 50, n. 23)
26. Gauthey (1771, 50–1, n. 24)
27. Aquí Gauthey coloca el empuje tangente al intradós, cuando en el arco toral toma un punto más interior, situado a la mitad del espesor del arco, Fig. 6 en la figura 3.
28. El empuje de cada uno de los arcos debía haberse multiplicado por la raíz de 3 y no por 7/5, es decir, la magnitud del empuje real es 1,23 veces mayor. En cuanto a la dirección del empuje la tangente del ángulo que for-

ma el empuje con la horizontal es en realidad es 10/7 y no 7/5, aunque en este caso el error es mucho menor y compensa ligeramente el error cometido al evaluar la magnitud.

29. El centro de gravedad no es el del pilar solamente sino que se ha tenido en cuenta el desplazamiento que produce el peso de la cúpula, que lo hace más favorable.
30. Gauthey (1771, 51, n. 25). Gauthey comete un error al evaluar el brazo de palanca de los momentos estabilizantes, porque debería ser más pequeño que el considerado en la primera hipótesis. Los pesos son los mismos y por tanto la posición del centro de gravedad es constante. Sólo varía la distancia relativa al punto de vuelco y en esta hipótesis debería ser menor.
31. Gauthey (1771, 52)
32. Gauthey (1771, 53)
33. Gauthey (1771, 53–4, n. 26)
34. Gauthey (1771, 53–4)
35. Gauthey (1771, 54)
36. A diferencia de lo que creía Patte, Gauthey piensa que la separación entre las columnas no las incapacita para colaborar a la estabilidad global del edificio. Gauthey (1771, 14–5).
37. Gauthey (1771, 39)
38. Gauthey (1771, 55, nn. 28–9)
39. Gauthey (1771, 57, n. 30)
40. Gauthey (1771, 57–8, n. 31). Explica de forma un tanto confusa la transmisión de esfuerzos a los muros.
41. Gauthey (1771, 59, n. 32). Esa relación proporcional entre carga vertical y sección horizontal está implicando el concepto de tensión uniformemente repartida.
42. El término utilizado es «redents». Gauthey (1771, 60).
43. Gauthey (1771, 60–2)
44. Gauthey (1771, 64)
45. Gauthey (1771, 36)
46. Gauthey (1771, 67)

Lista de referencias

Belidor, B. F. 1729. *La science des ingénieurs dans la conduite des travaux de fortification et architecture civile.* París.

Bergdoll, B. ed. 1989. *Le Panthéon: Symbole des révolutions, de l'Église de la Nation au Temple des grands hommes.* París: Picard.

Bossut, C. [1774] 1778. Recherches sur l'équilibre des voûtes. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris*, 534–66, 2 láms.

Bossut, C. [1776] 1779. Nouvelles recherches sur l'équilibre des voûtes en dôme. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris,* 587–596, 1 lám.

Coste, A., A. Picon y F. Sidot, eds. 1993. *Un ingénieur des Lumières. Emiland-Marie Gauthey.* París: Presses de Ponts et Chaussées.

Frézier, A. F. [1737–9] 1769. *La Theorie et la Pratique de la Coupe des Pierres*. París: C. A. Jombert.

Gauthey, É. M. 1771. *Mémoire sur l'application des principes de la Mèchanique à la construction des voûtes et des domes, dans lequel on examine le Problême proposé par M. Patte, relativement à la construction de la Coupole de l'Eglise Sainte-Geneniève de Paris.* Dijon, París: L. N. Frantin, C. A. Jombert. 67 pp., 3 láms.

Gauthey, É. M. 1798. *Dissertation sur les dégradations survenues aux piliers du dome de Panthéon Français, et sur les moyens d'y remedier.* París: H. L. Perronneau, an VI, 131 pp., 2 láms.

González Moreno-Navarro, J. L. 1993. *El legado oculto de Vitruvio*. Madrid: Alianza Editorial.

Guillerme, J. 1989. Le Panthéon: une matière à controverse. En *Le Panthéon: Symbole des révolutions, de l'Église de la Nation au Temple des grands hommes*, 151–173. París: Picard.

Heyman, J. 1972. *Coulomb's memoir on statics.* Cambridge: University Press.

Heyman, J. [1985] 1995. Los pilares del crucero del Panteón de París. En *Teoría, historia y restauración de Estructuras de fábrica*, 279–81. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Huerta Fernández, S. 1990. Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España, ca. 1500–ca. 1800. Tesis. Madrid: ETSAM.

Huerta Fernández, S. 1996. La teoría del arco de fábrica: desarrollo histórico. *Obra Pública. Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*. NE 38: 18–29.

Huerta Fernández, S. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Huerta Fernández, S. y Hernando de la Cuerda, R. 1998. La teoría de bóvedas en el siglo XVIII: la contribución de Philippe de la Hire. En *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, ed. J. Fernández Salas *et al.*, 233–44. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, Universidad de la Coruña.

La Hire, P 1712. Sur la construction des voûtes dans les édifices. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris*, 70–78, 3 figs.

López Manzanares, G. 1998. Estabilidad y construcción de cúpulas de fábrica: El nacimiento de la teoría y su relación con la práctica. Tesis. Dir. S. Huerta Fernández. Madrid: ETSAM.

López Manzanares, G. 2005. The relation between theory and practice in the construction of Sainte-Geneviève's church in Paris: Patte's contribution. En *Teoria e pratica del costruire: saperi, strumenti, modelli*, ed. por G. Mochi, 773–783. Ravenna: Ed. Moderna.

Patte, P. J. 1770. *Memoire sur la construction de la coupole projectée pour couronner la nouvelle église de Saint Genenième a Paris.* Amsterdam: P. Fr. Gueffier.

Parsons, W. B. [1939] 1976. *Engineers and Engineering in the Renaissance.* Cambridge, Mass.: MIT Press.

Petzet, M. 1961. *Soufflot's Saint Geneniève und der französische Kirchenbau des 18 Jahrhunderts.* Berlín: W. de Gruyter & Co.

Pitot, H. 1726. Examen de la force qu'il faut donner aux Cintres dont on se sert dans la construction des grandes Voutes, des Arches des Ponts, etc. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris, 216–36.

Poleni, G. 1748. *Memorie Istoriche della Gran Cupola del Tempio Vaticano.* Padova: Stamperia del Seminario.

Rondelet, J. B. 1797. *Mémoire historique sur le dôme du Panthéon Français.* Paris: Du Pont.

Rondelet, J. B. [1802–10] 1834–48. *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir.* Paris: Chez l'auteur, 1802–10.

Stocker, J. 1987. Zum Tragverhalten der Zwischenkuppel von St. Geneviève (Pantheon) in Paris. *Diplomarbeit,* Universität Stuttgart, Inst. für Baustatik.

Straub, H. 1952. *A History of Civil Engineering.* Londres: Leonard Hill.

Chimeneas industriales para una generación de constructores valencianos

Gracia López Patiño

El presente trabajo pretende de alguna manera rendir homenaje a todos aquellos trabajadores anónimos, verdaderos maestros de la paleta, que, sin un nombre reconocido en la literatura constructiva, han sido capaces de dejar huella con su trabajo, esbeltas edificaciones, sólidamente ancladas al terreno, que perduran en el tiempo sorteando toda clase de avatares y ofreciendo resistencia tanto a los envites del viento como incluso a los últimos coletazos de la invasión urbanística que transforma nuestro territorio.

Aunque está claro que el elemento estudiado, chimenea industrial construida con fábrica de ladrillo, pertenece a la arqueología industrial por definición, como resto de un conjunto —fabril— que tuvo su importancia a partir de un determinado momento de desarrollo técnico con la incorporación de la máquina de vapor a la industria, lo que no está tan claro es ese encasillamiento como elemento de la arquitectura industrial, ya que en los comienzos de las construcciones de las mismas era un elemento más ingenieril que arquitectónico. No obstante no es este el lugar para entablar una discusión sobre la adscripción del elemento en cuestión. Los primeros escritos sobre el tema que aparecen por un autor español pertenecen al Duque de Rivas (1905), Comandante de Ingenieros del ejército español, aunque se trata más bien de una traducción de otro libro francés. Posteriormente la literatura sobre el tema se reduce a unas cuantas publicaciones de carácter localista (Cascales 2001, Pereira 1998 y Clemente 2006) y otros tantos artículos aparecidos en revistas de corta divulgación.

Definición de chimenea industrial de fábrica de ladrillo

Según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, el término chimenea, procedente del francés *cheminée*, se refiere al cañón o conducto para que salga el humo que resulta de la combustión. No hace una distinción entre las que están «destinadas a producir el tiraje en los hogares industriales o en las instalaciones de calefacción y ventilación de los lugares habitados» (Novo de Miguel 1960, 720).

El caso que nos ocupa es el de las chimeneas industriales de fábrica de ladrillo cerámico, es decir, canales verticales de dimensiones adecuadas, destinados a conducir humos a la atmósfera a suficiente altura para «que los gases resultantes de la combustión se difundan por capas de aire que no estén en contacto con las zonas habitadas y no puedan perjudicar a hombres, animales y plantas» (Esselborn 1952). Estos gases proceden de «operaciones de hornos, tal como en caldera de vapor, central termoeléctrica, central de calefacción, buque locomotora o fundición» (McGraw-Hill 1981, 2: 574). Sin embargo a pesar de lo que puede parecer la principal función de una chimenea es provocar una depresión entre la entrada y salida de la misma, de manera que la

corriente de aire producida favorece la combustión, es decir, lo que conocemos también con el nombre de tiro.

PARTES DE UNA CHIMENEA

La mayoría de los autores que han escrito sobre chimeneas distinguen en tres las partes principales de las mismas, base o pedestal, caña, fuste o tubo y coronación, coronamiento, capitel o remate. Se basa esta distinción en aspectos básicamente visuales, es decir, en lo que sobresale del terreno. Podemos incluir en estas partes también lo que no está directamente a la vista, el conducto que une la zona donde se produce la combustión y la propia chimenea, y la cimentación. Vamos a estudiar estas diferentes partes desde la cota más alta hacia la más baja.

Remate

La coronación remata el fuste y, sea cual sea la forma en planta de éste, ofrece en la mayoría de los casos una serie de hiladas salientes más o menos pronunciadas, a modo de cornisas, susceptibles de adorno por parte del maestro constructor. Es precisamente aquí donde el constructor estampa su sello, la profusidad de ornamentación dependerá de él en cuanto a su saber y maestría, aunque no hay que olvidar el papel que juega el cliente, en cuanto al gasto económico que ello supone. Las funciones que cumple el remate, además de la estética, serían la de protección de la parte superior del tubo impidiendo las cornisas que el agua se deslice evitando lesiones posteriores y la de mayor estabilidad frente a esfuerzos laterales de viento gracias al aumento de peso. Toda chimenea debe disponer de un pararrayos debido a su gran altura y al hollín que se fija a sus paredes interiores porque es un buen conductor de la electricidad (de las Rivas y López 1905, 109).

Está formado por diversas partes, según los diversos constructores. En el caso que nos ocupa distinguiremos la *boquilla*, elemento de terminación, que viene a constar entre 6–8 hiladas de ladrillo, es decir, unos 35–40 cm, y no posee pendiente, ni curvatura alguna, *cornisas,* que marcan el inicio y fin de la decoración propiamente dicha, y *portilles*, huecos ciegos de forma rectangular con elementos decorativos (a veces enfoscados, y otras dejando el ladrillo visto).

Fuste

Es la parte más visible y que da mayor porte a la chimenea, la más importante si hablamos en términos formales y funcionales (Pereira 1998). Se trata de un conducto hueco cuya función es conducir los gases tóxicos a una altura suficiente para que no afecte a la salud de las personas. Con una pendiente del 2,5% en cada cara, sólo aquéllas que están completamente adosadas a un edificio poseen sección constante, y no son de gran altura.

Para que la chimenea posea las suficientes condiciones de resistencia, sus paredes han de poseer un espesor decreciente con la altura. Lo mejor sería que esta disminución fuese gradual y continua, pero no siendo posible, por las grandes dificultades de construcción que originaría se hace por resaltos bruscos; de este modo el cuerpo está formado de coronas de ladrillo con espesor constante en cada corona. Para facilitar la construcción de la chimenea el resalto se realiza igual al ancho del ladrillo, o sea, fi pie. Se construyen de sección cuadrada, circular o de revolución y poligonales.

Base

Construida en ladrillo, generalmente, se han localizado casos donde utilizan también piedra. La sección varía, y es independiente de la utilizada en el fuste, aunque puede seguir la misma, es decir, cuadrada, circular u octogonal. Cuando se construyen sin pedestal proporciona un aspecto más ligero a la chimenea. La forma preferida es la de sección cuadrada ya que facilita el encuentro de las bóvedas de los conductos de humo y la construcción de los arcos de los vanos de que siempre van provistos. Está compuesta por zócalo, cuerpo y coronamiento (de las Rivas y López 1905).

La altura se aproxima a la raíz cuadrada de la total de la chimenea, que en la práctica se traduce en unos 3 – 5 metros. El perfil es casi siempre de contorno vertical, es decir, sin pendiente, y llevan molduras salientes en su cornisa de coronamiento. En una de sus caras se deja un hueco para facilitar el acceso al inte-

rior, tanto para la ejecución de la misma como para su mantenimiento. Este acceso es tapiado con una doble pared de ladrillo, tomado con mortero refractario, además de una puerta de hierro, de manera que se derriba el tabique cada vez que sea necesario. En algunos casos se encuentran puertas situadas bajo rasante.

Galería interior

Se trata de uno o varios pasillos subterráneos, entre la base y el cimiento de la chimenea, constituido por paredes laterales de ladrillo y bóvedas de cañón de varias capas de rasilla que forman el techo de los mismos.

Por ahí circulaban gases emitidos por las máquinas de la fábrica, para con posterioridad desembocar en el tiro de la chimenea y ser expulsados finalmente a la atmósfera.

En la intersección de la galería con la chimenea existe un rebaje, llamado cenicero,[1] que sirve para acumular las cenizas en suspensión que lleva el humo y que se precipitan al enfriarse éste. Cada dos o tres años se limpiaba para evitar el estrangulamiento del paso de la chimenea.

La familia Goig

La familia Goig que nos ocupa son oriundos de Alzira, un pueblo de Valencia, situado a unos 45 kilómetros al sur de la capital. La saga constructora de chimeneas industriales de fábrica de ladrillo comienza con los hermanos Adolfo, Pascual y Agustín Goig Palomares. Se desconoce a ciencia cierta si, anteriormente a ellos, existía ya un negocio familiar dedicado a la construcción. Los hermanos Adolfo y Pascual desaparecieron jóvenes en extrañas circunstancias, fue el más pequeño de los tres, Agustín, quien se hizo cargo de la empresa. Poco se conoce de aquellos tiempos, principios del siglo XX, y como referencia casi única la chimenea construida en el año 1913 en Alzira para la Cooperativa La Constructora. Cuatro hijos marcan su descendencia y el mayor Agustín Goig Lorente[2] será el que llevará la empresa a su máximo apogeo. La empresa constructora la componen pocos empleados, en su mayoría de la familia, y no se dedica en exclusividad a la construcción de estas chimeneas industriales. Su hermano José[3] forma parte de la plantilla de la empresa. Hacia los años 50 el que será su futuro yerno Bernardo Pérez Pérez[4] y también su sobrino Vicente Salvador Goig, hijo de su hermana Rosa, entrarán a formar parte de la cuadrilla que se dedicará a erigir estos monumentos cerámicos en altura.

Organización del trabajo

La ejecución de la construcción de una chimenea era un trabajo especializado que sólo aquellas personas que dominaban la faena podían realizarlo. Por ello de las 5 personas, como mínimo, necesarias para la construcción, dos eran más técnicas, las que colocaban los ladrillos con aparejo adecuado, otra que suministra el material a estos dos, que se encuentra en un nivel inmediatamente inferior, en el interior mismo de la chimenea, otra que se encarga de subir el material mediante polea a esta última, y que se encuentra en tierra, y el resto de personal era el encargado de preparar las pastas, transportar ladrillos hasta la entrada en la base misma de la chimenea y accionar el torno que sube la polea.

Parejas especializadas

Poco o nada se conoce del trabajo y la organización del mismo en la empresa familiar hasta la década de los 50. Hasta entonces tanto Agustín Goig Lorente como su hermano José se encargaban de las tareas especializadas, como adivinamos de la dedicatoria que ofrece el revés de una foto de la chimenea construida para la Conservera Marroquí SA,[5] fechada en 1948.

Las parejas principales de trabajo en la década de los 50–60 fueron las establecidas en combinaciones por José Goig Lorente, Bernardo Pérez Pérez, Vicente Salvador Goig y Agustín Goig Yago. La relación de chimeneas que estas parejas realizaron fueron las que aparecen en la tabla siguiente

Modelo de chimenea

Se puede establecer un modelo de chimenea básico entre todas las estudiadas, y que fueron construidas en su mayoría en la segunda mitad de la década de los 50 y primeros años de los 60. El estudio se ha

Tabla
Relación de chimeneas ejecutadas por las distintas parejas especializadas

José Goig Lorente y Vicente Salvador Goig	José Goig Lorente y Bernardo Pérez	Bernardo Pérez y Vicente Salvador Goig	Bernardo Pérez y Agustín Goig Yago	Bernardo Pérez y Rafael Sifre	Vicente Salvador Goig y José Valls Goig	Bernardo Pérez y local
Papelera San Jorge. Xàtiva Papelera Gregorio Molina. Xàtiva Papelera Pompeyo Criado. Buñol Papelera Vicente Calatayud. Buñol Secadero madera Mariano García. Valencia. 1963 (derribada) Fábrica Ferri. Canals	Tejería. Torrejón de Ardoz. 1955 Fábrica de aceite. Marmolejo (Jaén) Fábrica Vinumar. Tomelloso. 1962 Fábrica Vinumar. Villarrobledo. 1958 Lechera El Prado. Valencia	Fábrica Vinumar. Villarrobledo. 1958 Resinera. Cuenca	Chimenea en Almazora Fábrica jabón Tutú en Valencia. 1956-57	Fábrica café Borrás. Ceuta	Fábrica orujo. Jaén.	Aceites Monterreal. Villa del Río (Córdoba).1962 Taybal. Silla

basado exclusivamente en las partes vistas de las mismas, es decir, base, caña y cesto, a partir de la información transmitida por los propios autores, de numerosas visitas de campo y de la toma de innumerables fotografías.

Tras un exhaustivo vaciado de la información obtenida (indudablemente algunas chimeneas ya no existen, otras ha sido imposible localizarlas) se puede decir que se trata de una chimenea de base octogonal, o cuadrada, con fuste o caña octogonal y linterna o cesto decorado, de manera particular (fig. 1). Las piezas cerámicas utilizadas son aquellas de forma ortoédrica de dimensiones medias 25 × 11,5 × 4,5 cm., y otra pieza especial de esquina con forma particular (fig. 2) cuyas medidas corresponden a las aristas de la pieza ya expuesta y el ángulo que forma es el correspondiente a un octógono. El aparejo de ejecución es el llamado inglés, con hiladas trabajadas a sogas, seguidas de hiladas trabajadas a tizón.

La base, donde está situada la entrada al interior de la chimenea, tiene una altura aproximada de 3 metros y está subdividida a su vez en tres partes (figs. 3 y 4). Un primer zócalo de pocas hiladas, entre 75–85 cm, que en algunos casos se encuentra ahora prácticamente enterrado. Este podio, cuya dimensión en anchura es un tanto superior al resto de la base, deja paso suavemente en 2 ó 3 hiladas al grueso de la base. La entrada a la chimenea está formada por una bóveda de medio cañón con ladrillos a sardinel (fig. 5). La base está rematada en su parte superior por una cornisa de aproximadamente 35, 5 cm, dividida en varias hiladas. De abajo a arriba se distingue una hilada sobresaliente aparejada con las sogas vistas, que marcará el nivel vertical donde se dibujará el decorado en T que forman los ladrillos. Sobre ésta una hilada a sardinel con tizones vistos, donde cada tres sobresaldrá uno aproximadamente unos 4 cm. La hilada inmediatamente superior está enrasada con el ladrillo saliente de la inferior, colocada a tizones vistos, y resaltando otros 4 cm. alternativamente una de las piezas. La esquina de forma singular contiene siempre una de estas T, coronada con una pieza de esquina especial con ambos lados de iguales dimensiones, 11,5 cm. Para proteger este trabajo se dispone de dos hiladas, sobresalientes otros 4 cm, por encima de todo lo anterior, la inferior trabajada a soga y la superior a tizón, pero ambas enrasadas verticalmente (fig. 6).

El fuste, carente de decoración[6], con una pendiente del 2,5%, está realizado en el mismo aparejo inglés, con las esquinas formadas por piezas especiales. Su altura varía en función de la capacidad de la caldera de vapor que se instalara, pero la media está entre los 25–30 metros. Para su ejecución se colocaban primero estas piezas especiales, y se comprobaba su pendiente en cada uno de los lados, es decir, dieciséis veces, con el llamado *taulaplom*[7] (fig. 7).

El cesto se remarca por la parte inferior y superior con sendas cornisas formadas por una primera hilada sobresaliente y otras dos sobresaliendo de ésta última, pero enrasadas entre sí. Entre ellas se alzan las ocho caras con forma llamada de hoja de tabaco, es decir, más anchas en la parte superior, lo que genera una curvatura ascendente en las aristas. En cada una de estas caras se observa cómo las piezas de esquina dibujan escalonadamente unos trapecios, que quedan rehundidos. A veces este rehundido se reviste de mortero y otras se deja el ladrillo cara vista. Por último acabaría la boquilla con aproximadamente 8 hila-

Figura 1
Chimenea fabril en Llaurí (Valencia), construida en los primeros años de la década de los 50



Figura 2
Pieza de esquina, realizada de forma manual con gradilla

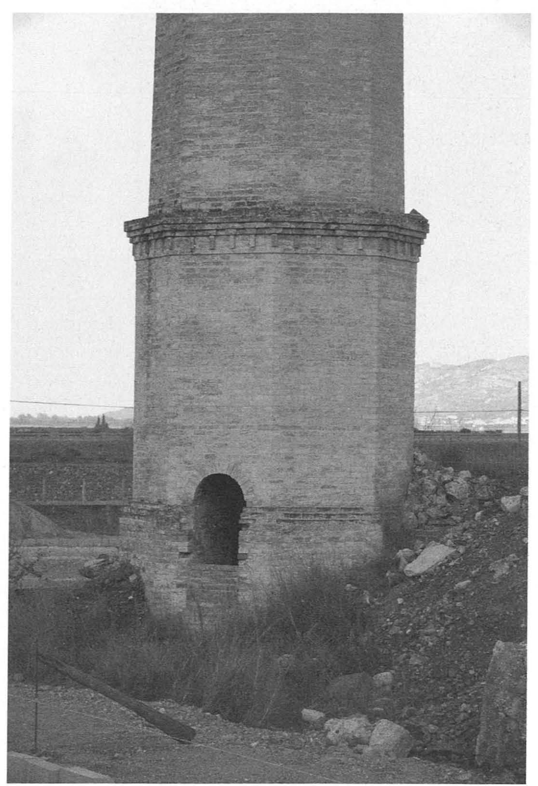


Figura 3
Base octogonal de chimenea en Llaurí. En esta chimenea puede observarse también el conducto que unía la caldera con la base de la chimenea, aunque está parcialmente destruido

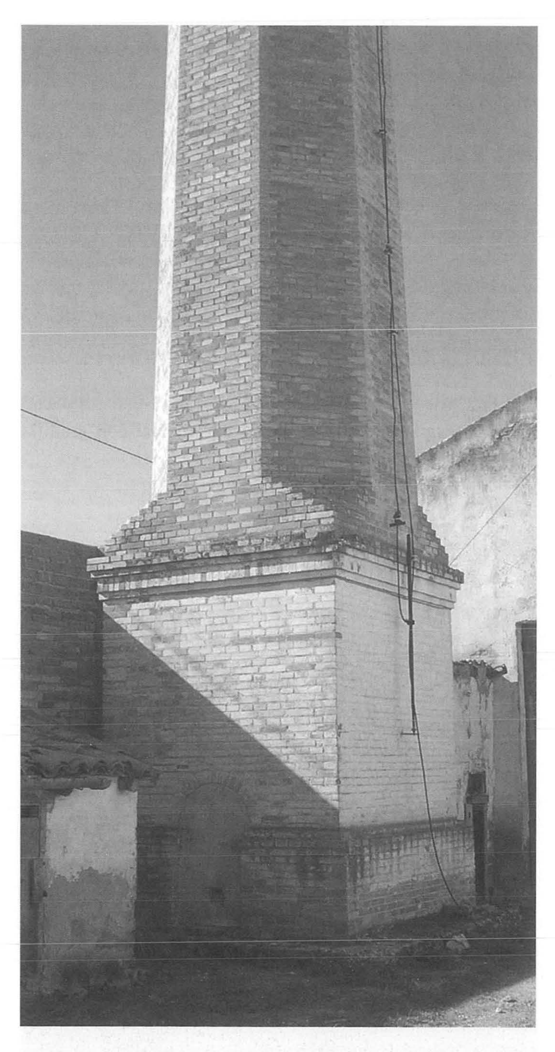


Figura 4
Base cuadrada chimenea Industrial Resinera Valcan, SA en Cuenca (autor: Laura Crespo Artero)

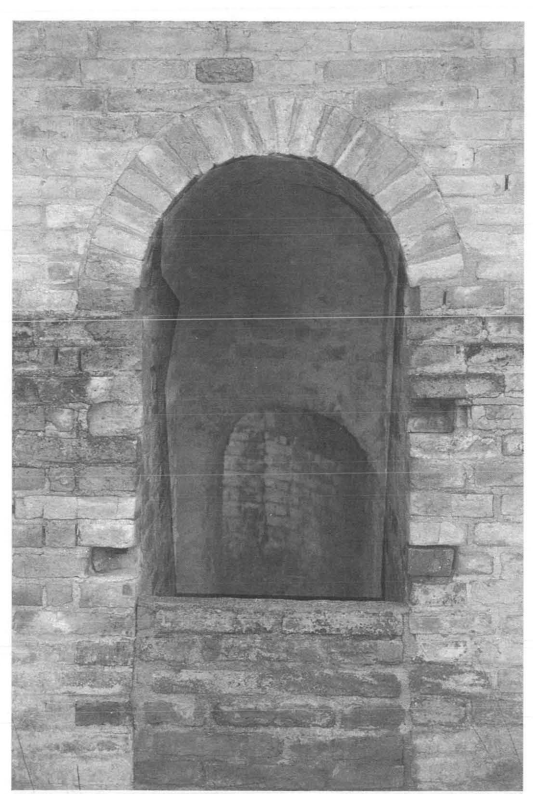


Figura 5
Entrada a la chimenea de Llaurí

das de un pie de espesor, trabajadas como todo el conjunto con aparejo inglés (fig. 8).

Variaciones sobre el modelo

Algunas chimeneas realizadas por la familia Goig difieren ligeramente del modelo explicado. La introducción del ladrillo especial de esquina, en todas sus posiciones, ofrece un juego de luces y sombras que, utilizado en cornisas, tanto de bases (fig. 9) como de cestos, anima la sencillez de las formas utilizadas. Este caso podemos observarlo sobre todo en los cestos de las chimeneas de la fábrica de Vicente Calatayud en Buñol (fig. 10), y sus homólogas en la fábrica Vinumar de Tomelloso y Aceites Monterreal en Villa del Río. Otras veces se elude la típica forma de T en la cornisa de la base para trabajar a sardinel los tizones de los ladrillos, como en la fábrica de Penalba en Albaida. La introducción del ladrillo de color añade otro punto ornamental en la decoración de las chimeneas industriales, caso de nuevo de Penalba y Vinumar.

Además del modelo estudiado se han encontrado otras que nada tienen que ver, al menos en cuanto a sus cestos se refiere. Se trata de las chimeneas de la

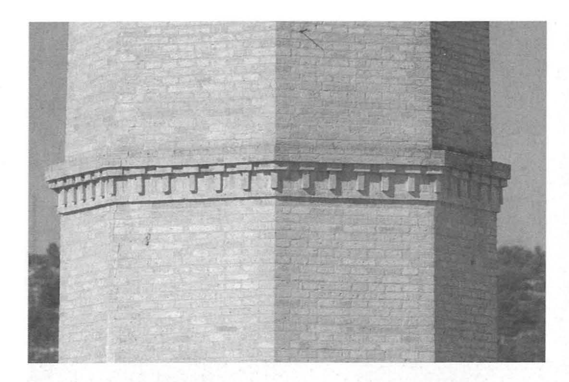


Figura 6
Detalle del remate de la base de la chimenea de la fábrica Aparici de l'Alcudia de Crespins (Valencia)

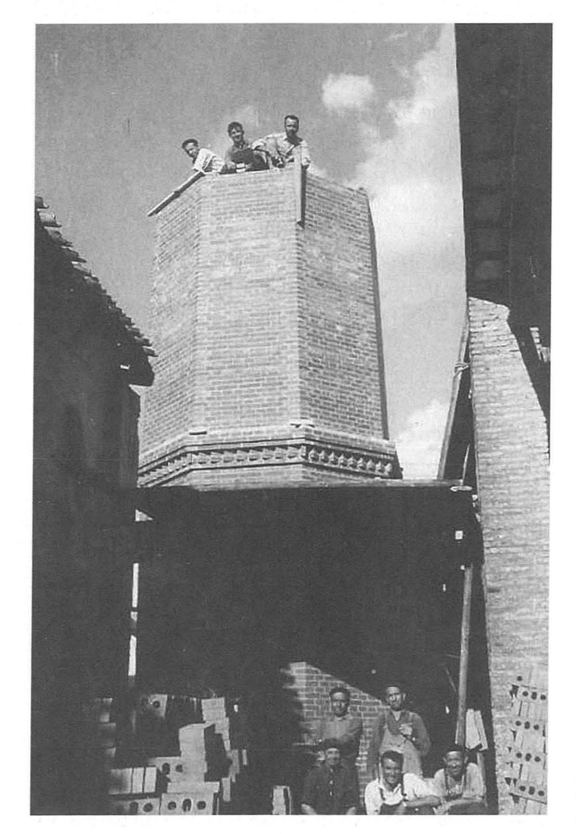


Figura 7
Ejecución del fuste de chimenea en Villarrobledo en el año 1958. Se puede ver a los trabajadores en lo alto portando el llamado taulaplom (archivo personal de Bernardo Pérez)

fábrica de papel Payá, en Mislata, ya derribada, que tiene su gemela en Tomelloso (fig. 11). También en estas se introducen ladrillos de distinto color.

Las formas se simplifican en la última época y en la Fábrica de leche El Prado de Valencia la base queda reducida a un podio o zócalo y el cesto a un ensanchamiento en recto al final del fuste (fig. 12). La última chimenea erigida por esta familia se encuentra en Silla (fig. 13) y está carente de cesto ya que el técnico encargado por la empresa creía que el incremento de peso del mismo era el causante de la inclinación que alguna de estas chimeneas tenían al cabo del tiempo.

Caso absolutamente especial presenta la chimenea datada en 1913 construida para la sociedad La Constructora de Alzira (fig. 14). Se trata de una chimenea de planta octogonal helicoidal, tanto en la base como en el resto del cuerpo de la chimenea. Las piezas de esquina tiene forma redondeada y se puede llegar a concluir que utilizó como modelo la chimenea helicoidal perteneciente a la fábrica de papel Layana de Valencia, fechada en 1903, cuya autoría ejecutora es atribuida al constructor de chimeneas Abelardo Martínez de Paiporta, aunque el diseño de la misma parece ser obra del propio Layana.

Breves apuntes sobre la ejecución

Para el cálculo de las dimensiones de la base de la caña o fuste de la chimenea tendremos en cuenta que el hueco final será de 80 cm, y que el grueso de la caña en terminación será de 25 cm en cada lado. Según esto el ancho en punta será de 130 cm mínimo. La pendiente siempre era del 2,5%. El cesto o coronación no posee inclinación, así como tampoco, en general, la base.

Se realizaba un boceto de la chimenea en tierra junto al lugar donde se iba a erigir. Se cavaba un hoyo donde se preparaba la pasta de cal para toda la obra. Primero se echaba el agua y luego la cal y arena (del río Júcar, de la mina . . .) La dosificación no existía tal y como la entendemos ahora, sino que se probaba la consistencia. Lo ideal era la cal caliente. El cemento se añadía posteriormente, y en menor cantidad en la construcción de la base.

Para la colocación del andamio interior se dejaban unos mechinales cada ocho hiladas. El andamio del peón se encontraba a una distancia de 2 metros (4 mechinales = 32 hiladas) por debajo de los trabajado-

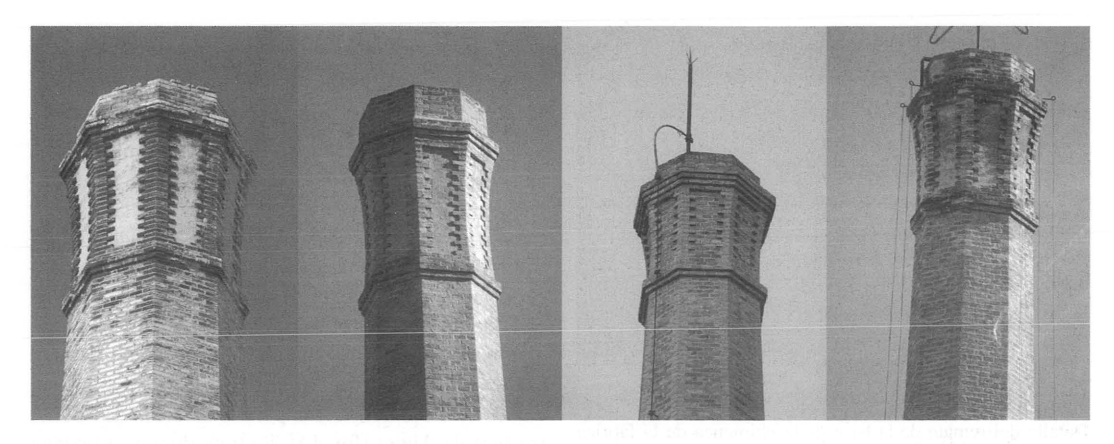


Figura 8
Detalle de varios remates modelo. De izquierda a derecha chimenea Aparici, en l'Alcudia de Crespins, chimenea en Llaurí, chimenea fábrica de Penalba y fábrica de Sempere en Albaida



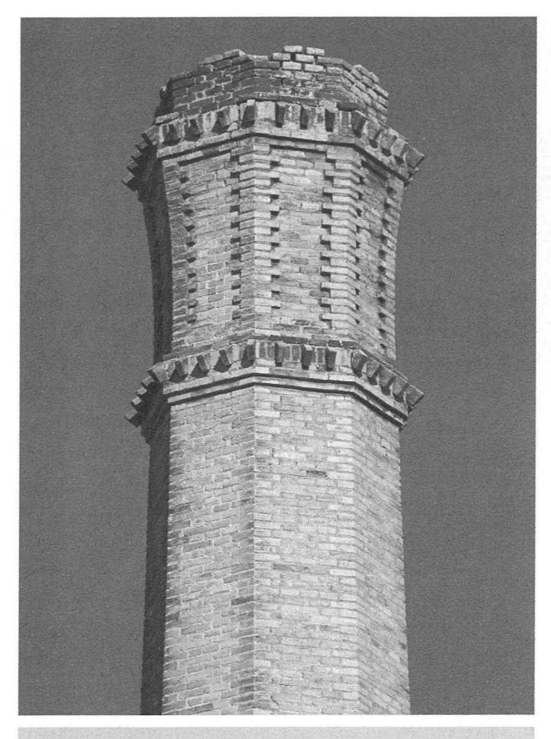
Figura 9
Detalle base de la chimenea de Aceites Monterreal, SL en Villa del Río, Córdoba (autor: Jerónimo Rodríguez)

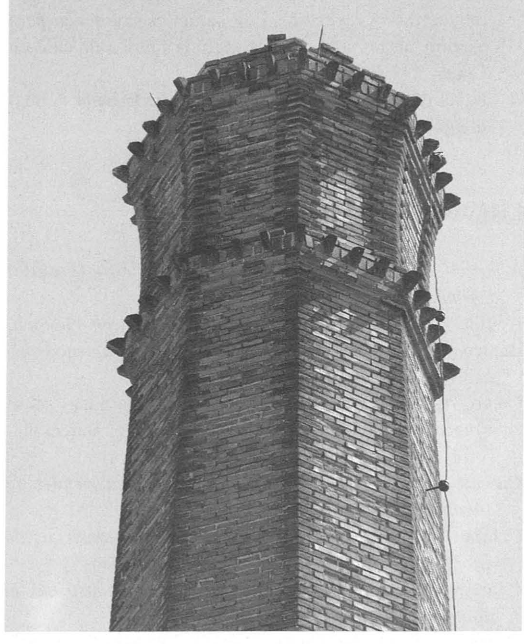
res. El andamio estaba compuesto por dos pares de tablones de madera superpuestos empresillados por dos anillas metálicas que permitían el deslizamiento de uno sobre otro. El sistema, denominado «escala de gat», ofrece unas longitudes variables en función de lo necesitado, y rigidez para soportar el peso de los restos del andamio, trabajadores y materiales. Perpendicularmente a estos tablones se colocaban otros, y de nuevo otros, sobre los que se sustentaban ya los trabajadores. En el extremo de uno de los últimos tablones tenía una especie de perfil metálico en U, al cual estaba soldada una anilla, por donde pasaba la polea. En el nivel inferior, el del peón que suministraba a éstos últimos, el sistema era idéntico, pero sin el perfil de la anilla. En uno de los andamios se situaba dicho peón y en el otro se acopiaban los materiales, mortero y ladrillos. Los ladrillos se subían atados de cinco en cinco.

Dos hombres trabajan en la parte superior de la chimenea, un peón por debajo de ellos suministrando el material a éstos, y el resto, generalmente otros dos, abajo, en la base, preparando la pasta en cubos, atando ladrillos y accionando el torno que hacía trabajar la polea. Uno de los trabajadores se encargaba de colocar y aplomar las piezas especiales, así como de realizar tres caras, mientras el otro se encargaba de las cinco caras restantes. Cada siete hiladas se colocaba una anilla metálica que servía para bajar y subir por el interior cuando comenzaba o se terminaba la jornada de trabajo. Cada 8 hiladas se subía el cable para el pararrayos y se anclaba. El tiempo estimado de construcción de una chimenea era de dos a dos meses y medio, dependiendo de la altura. Se realizaba el trabajo a razón de tres o cuatro hiladas por día.

Chimeneas construidas por la familia Goig

Aunque podrían ser más, las chimeneas de las cuales tenemos alguna referencia son las que a continuación se detallan:





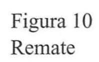


Figura 10
Remate

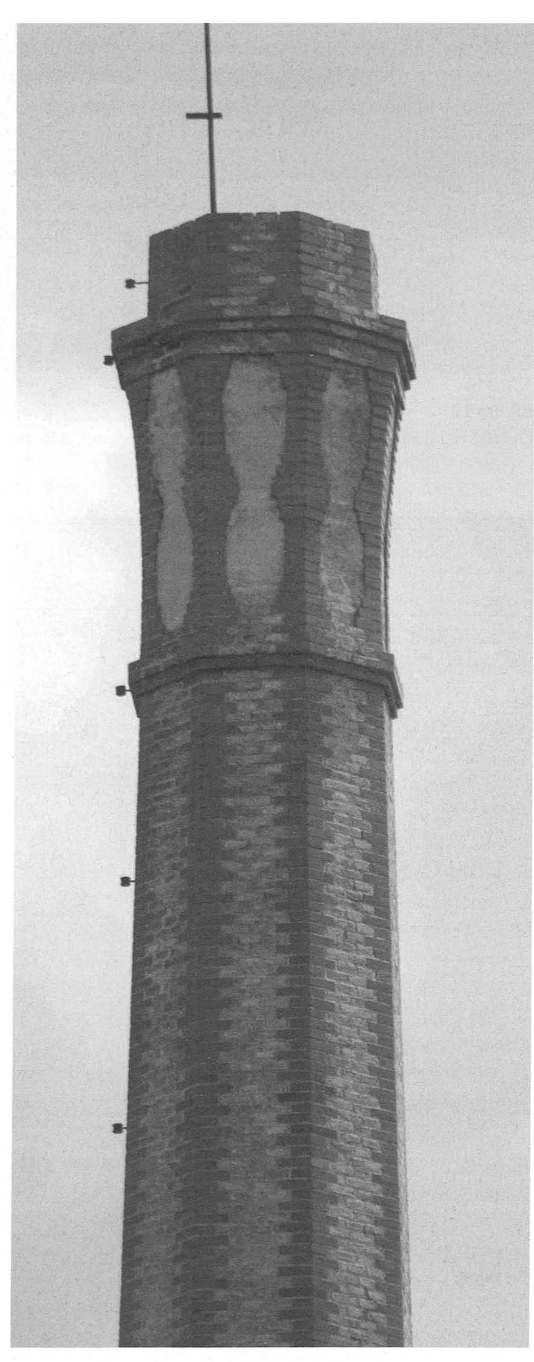


Figura 11
Detalle de la coronación de la chimenea de una alcoholera en Tomelloso

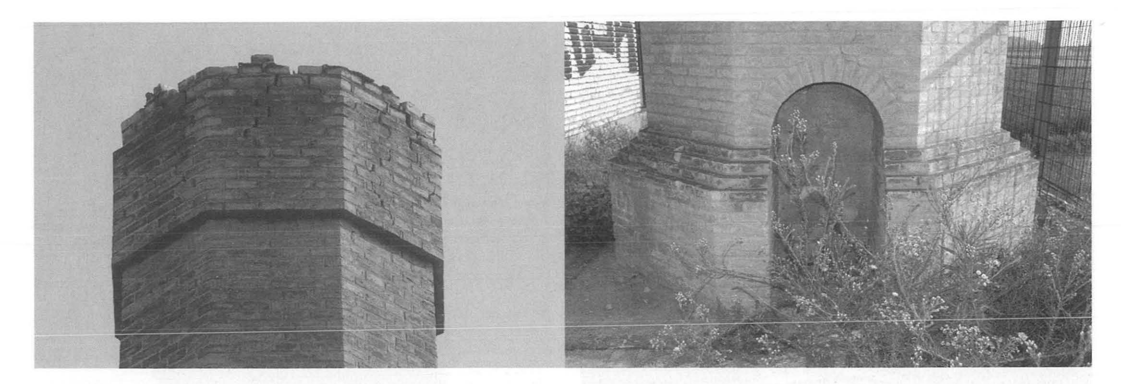


Figura 12
Detalle del cesto y base de la chimenea perteneciente a la antigua Fábrica Lechera El Prado de Valencia

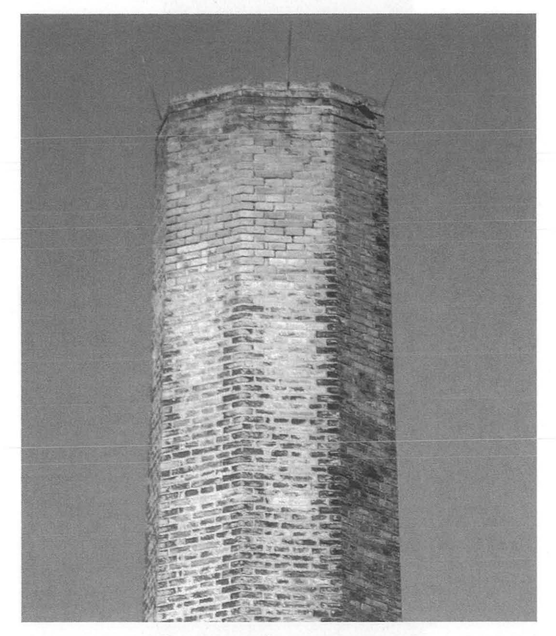


Figura 13
Remate chimenea Taybal, Silla (Valencia)

Notas

1. Cendrer, en valenciano.
2. Agustín Goig Lorente, nacido en 1902 y fallecido en 1974.
3. Nacido aproximadamente en 1916, se desconoce su fecha de fallecimiento.
4. Nacido en 1931.
5. «Dedicamos este recuerdo a los Hermanos Lorente constructores de esta magnífica chimenea con el señor Mir Prósper, que después de tres años no da señales de caerse y por el contrario parece más gallarda cada día. Villa Sanjurjo, 31 octubre 1948. Conservera Marroquí, S.A. Continuadora de Cántabro Mediterránea S.A.».
6. Excepto en un caso que utilizan los propios ladrillos rehundidos y revestidos con cerámica coloreada para escribir un nombre, Borrás, en una fábrica de café en Ceuta.
7. Nivel realizado en madera que permite trabajar la pendiente del 2,5% en el fuste.

Lista de referencias

A.A.V.V. 2004. *El patrimoni arquitectònic de la ciutat d'Albaida.* Ajuntament D'Albaida.

Aguilar Civera, I. *La arquitectura industrial en Valencia*

Barace,A.; Rueda,A. 1996. *Construcción de chimeneas industriales de fábrica de ladrillo.* Barcelona.

Calvo, A. 1985. *Chimeneas de fábrica.* II Jornadas sobre protección y revalorización del Patrimonio. Barcelona-Terrassa.

Cascales López, P.L. 2001. *Las chimeneas industriales de Alcantarilla.* Alcantarilla: Ferretería Zapata.

Cebrian I Molina, J.L. 1991. *Les ximeneres industrials de rajola.* Llibre de festes de l'Alcudia de Crespins.

Cebrian I Molina, J.L. 1994. *Les ximeneres industrials de rajola de Canals.* Llibre de festes de Canals.

Cerdá Pérez, M.; M. García Bonafé y P. Berrocal. 1995. *Enciclopedia valenciana de arqueología industrial.* Valencia: Alfons el Magnànim.



Figura 14
Chimenea helicoidal de la sociedad La Constructora, Alzira (Valencia)

Tabla 2
Relación de chimeneas construidas por la familia Goig dentro y fuera de la Comunidad Valenciana

Nombre fábrica	Lugar	Fecha	Planta de la base	Estado actual
La Constructora.	Alzira.	1913	Octogonal	
Conservera Marroquí, S.A.	Villasanjurjo. Marruecos	1945		
Fábrica Anis Maura	Real de Montroy			
Fábrica de Payá	Mislata			derribada
Fábrica de Miralles	Mislata			derribada
Fábrica de papel de fumar	Alcoy			
Papeleras Reunidas	Alcoy			
Fábrica	Llaurí.	1950	Octogonal	
Fábrica	Almazora.	1955		
Fábrica textil y papelera de Aparici	L'Alcudia de Crespins		Octogonal	
Fábrica textil Royo	L'Alcudia de Crespins			
Fábrica de Ferri	Canals			
Fábrica de aceite de orujo Grau	Canals.	1950		
Fábrica de aceite	Marmolejo (Jaén)			
Fábrica de orujo	Jaén			
Tejería.	Torrejón de Ardoz (Madrid).	1955		derribada
Fábrica de café Borrás	Ceuta			
Fábrica de jabón Tutú.	Valencia	1956-57		derribada
Papelera de San Jorge	Xàtiva			
Fábrica Gregorio Molina	Xàtiva			
Fábrica papelera de Vicente Calatayud	Buñol		Cuadrada	
Fábrica papelera de Pompeyo Criado	Buñol			
Fábrica	Burgo de Osma			
Fábrica	Alcázar de San Juan			
Fábrica	Zamarramala (Segovia)			
Fábrica Sempere	Albaida		Octogonal	
Fábrica Penalba	Albaida		Octogonal	
Fábrica de conservas Industrias Agrícolas del Guadalquivir, S.A.	Andújar (Jaén)	1957	Cuadrada	
Industrial Resinera Valcan, S.A.	Cuenca	1957	Cuadrada	
Alcoholera Vinumar.	Villarrobledo	1958		
Aceites Monterreal, S.L.	Villa del Río (Córdoba).	1962	Cuadrada	
Alcoholera Vinumar.	Tomelloso (C. Real).	1962	Cuadrada	
Alcoholera de los Espinosa.	Tomelloso.		Octogonal	
Fábrica de sacos de yute de Corell.	Vinalesa			
Fábrica de zumos Citronia.	Villarreal.		Octogonal	
Fábrica de muebles Mariano García.	Valencia.	1963		derribada
Lechera El Prado.	Valencia		Octogonal	
Taybal.	Silla			

Clemente López, P.; Sánchez Tomás, C. 2006. *Las chimeneas industriales de la provincia de Albacete*. Albacete: Instituto de Estudios Albacetenses Don Juan Manuel.

De las Rivas y López, M. 1905 *Chimeneas de fábrica: Teoría, cálculo de sus dimensiones, estabilidad, construcción*. Madrid: [s.n.] (Imp. del Memorial de Ingenieros del Ejército).

Denfer, L. 1896. *Fumisterie, chauffage et ventilation*. Paris: Baudry et Cie.

Díaz Gómez, C. y R. Gumà Esteve. 1999 «Patología, diagnóstico y recuperación de chimeneas industriales de fabrica de ladrillo cerámico». En *Informes de la construcción* 51 (464): 23–39.

Douet, J. *Going up in smoke. The history of the industrial chimney*. The Victorian Society.

Estellés Zanón, E. 2006. *Molinos papeleros en la Hoya de Buñol*. Valencia: Generalitat Valenciana.

Esselborn, C. 1952. *Tratado general de la construcción: construcción de edificios. Vol.* 1. Buenos Aires: Gustavo Gili.

Hütte. 1971. *Construcción de obras*. Nueva edición traducida por Rafael Hernández . . . ; Manuel Company . . . [y otros]. Barcelona: Gustavo Gili.

Kidder, F. E. 1967. *Manual del arquitecto y del constructor*. México: Uteha.

Lafon, E. 1928. *Cheminées d'usine le tirage naturel a 100 degrés*. Paris et Liége Polytechnique Ch. Béranger.
Lupo, V.A. 2002. «Grandes alturas: Notas sobre la historia de las chimeneas. La herencia del pasado». En *Ábaco* 34.
McGraw-Hill 1981. *Diccionario de términos científicos y técnicos*. Barcelona, vol 2, 574.
Novo de Miguel, L. 1960. Tratado de construcción. Barcelona: Bosch.
Pereira Castro, C. 1996 «Xemeneies del Poblenou. El vapor i els «vapors»». En *Actes de les III Jornades d'Arqueologia Industrial de Catalunya*, 247–256 Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya/ Col.legi d'Enginyers Industrials de Catalunya.
Pereira Castro, C. 1997 «Xemeneies industrials». En *I Jornadas sobre chimeneas industriales.*
Pérez, B. Conversación mantenida en agosto de 2005. Alzira.
Rovira, A. *Y parece que fue ayer*. Levante-EMV. 6 Noviembre 1998.
Rovira, A. *Y parece que fue ayer*. Levante-EMV. 23 enero 1994.
San Bartolomé Bravo, R. 2000. *Las Chimeneas industriales de obra de fábrica de ladrillo visto. Arqueología industrial*. Escuela Politécnica Superior de Alicante. Alicante: [s.n.]. Proyecto fin de carrera, Ingeniería Técnica de Obras Públicas.

José Grases Riera, en la innovación constructiva de Madrid del último tercio del siglo XIX y primeros años del XX

Fabián López Ulloa

El desarrollo urbano de Madrid en el último tercio del siglo XIX y primeros años del XX, se presentará con modelos y soluciones principalmente de influencia francesa, con claros matices cosmopolitas, condicionado por varios aspectos; entre otros, por el plan de ensanche de 1860; o los sucesos políticos como la revolución de 1868, la Restauración de la monarquía o el Desastre del 98. Este desarrollo se dará a través de las nuevas barriadas y de grandes reformas en el casco antiguo,[1] estas últimas también con la pretensión de un mejor control ciudadano,[2] aunque en estos afanes se derrocarán algunos edificios de indiscutible interés histórico,[3] continuando a su vez las sucesivas etapas de desamortización de los bienes de la iglesia y su consecuente desaparición,[4] sumado a una fuerte presión política, a tal punto que viéndose desbordado el alcance de su gestión por parte del Ayuntamiento, intervendrá también el Gobierno Central.[5]

En éste ámbito, irán surgiendo los arquitectos que le darán a la ciudad el aspecto buscado, manejando innovaciones tecnológicas y escalas monumentales, pero manteniendo un gran apego al eclecticismo, por así decirlo a la tradición estética del momento, propia de los cánones artísticos de la Real Academia de Bellas Artes, que continuaba con su influencia, en la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid.[6] Las nuevas obras serán bien acogidas, tanto aquellas que solo remozarán fachadas, como las que llenarán las parcelas producto de las reformas del nuevo trazado urbano, y con mayores posibilidades tipológicas en los solares del ensanche, campo propicio para variantes de moda como el estilo francés,[7] el neomudéjar o el neogótico, en los cuales se encasillarán algunos arquitectos.

Pero en la construcción y renovación de este nuevo Madrid, sobre todo a partir de la Restauración Alfonsina,[8] relucirán profesionales de toda España, entre los cuales se dará a conocer con grandes luces en 1887, José Grases y Riera, al ganar el concurso de proyectos convocado por la compañía de seguros americana La Equitativa, para su nueva sede en la capital española, con una bien lograda propuesta de marcado estilo francés, que terminará convirtiéndose en un hito arquitectónico (fig. 1). Desde entonces sumará a su trayectoria como funcionario público, una carrera profesional exitosa, con habilidades empresariales y de incursión en la incipiente burguesía madrileña, que le favorecerá con importantes encargos. Trabajará también en un complejo proyecto de reforma de Madrid, con opción a los beneficios que concedía la ley de 18 de marzo de 1895, sobre las obras de mejora y reforma interior de las grandes poblaciones que, además permitía la expropiación forzosa de solares y recintos, al entenderse el crecimiento de la ciudad como una causa de utilidad pública,[9] anunciando con ello el verdadero y futuro problema de la arquitectura del siglo XX, que no radica tanto en el estilo como en su planteamiento urbano,[10] dejando huella con su propuesta de una Gran Vía Central de Norte a Sur,[11] sobre el eje del paseo de la Castellana,[12] pionero en los planes de enlace de los extrarradios de Madrid[13] (fig. 2), o con los proyectos de



Figura 1
Edificio de la Equitativa a finales del siglo XIX. (Valcárcel 2003)

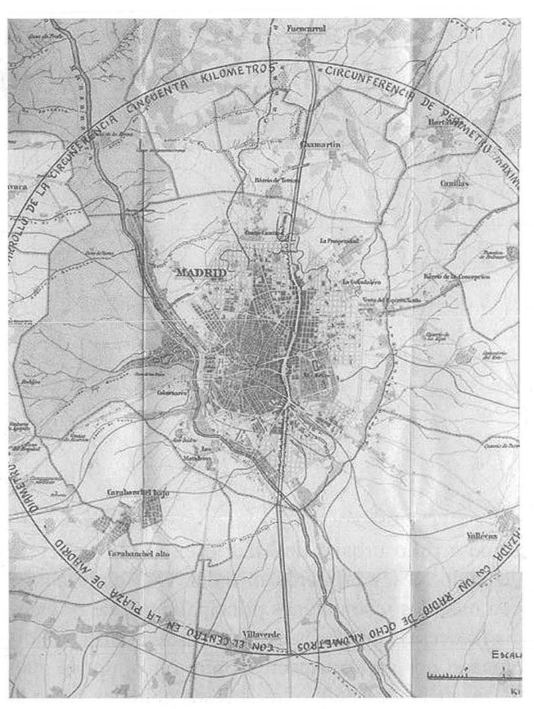


Figura 2
Detalle del plano del proyecto Gran Vía Central de Norte a Sur. (Grases 1901)

grandes pasajes comerciales,[14] en los que se veía la influencia de la innovación urbanística parisina o londinense (fig. 3). Paralelamente también publicará parte de sus trabajos.

La obra de Grases ha sido revisada, con admiración y polémica en publicaciones dispersas, comenzando por crónicas periodísticas y artículos en revistas de su época, hasta notas más recientes que han destacado su labor profesional, entre éstas últimas resaltan las de Ángel Urrutia, Pedro Navascués Palacio o José Ramón Alonso Pereira; el primero citándolo como figura paradigmática,[15] el segundo planteando un orden en su obra, con una etapa de indudable eclecticismo primero, y después, de auténtica asimilación de la traza francesa hasta «convertirse» al modernismo,[16] y, el tercero, llamando a reivindicar su nombre, tanto por su labor de anticipación de acercamiento de la arquitectura española a la traza francesa, como por la realización de uno de los objetos arquitectónicos más bellos con que cuenta Madrid en este período: el monumento a Alfonso XII[17] (fig. 4)

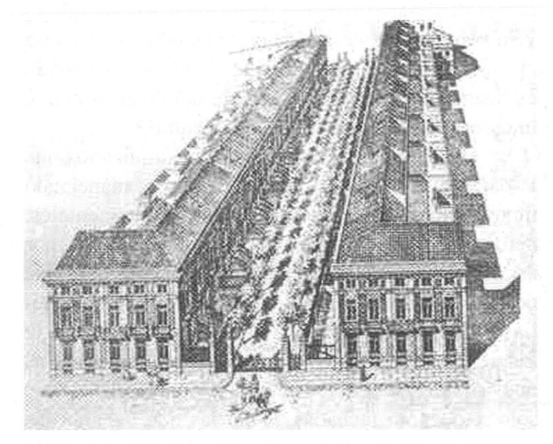


Figura 3
Proyecto del Pasaje de Hoteles entre las calles de Jorge Juan y Alcalá. (Anónimo 1898)

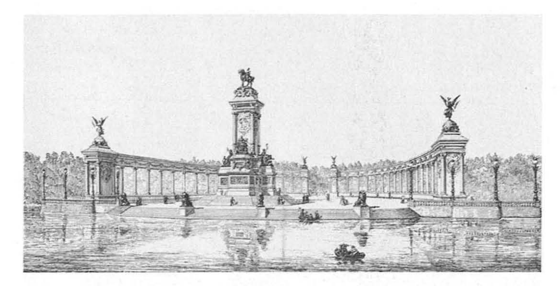


Figura 4
Boceto del monumento a Alfonso XII. (Grases 1901)



Figura 5
José Grases y Riera 1850–1919. (Anónimo 1897b)

PERFIL BIOGRÁFICO

José Grases Riera (fig. 5), nace en Barcelona, el 25 de abril de 1850, hijo del procurador Antonio Grases Oriol, natural de S. Baudilio de Llobregat y de Margarita Riera Triay, natural de Barcelona. Sus primeros estudios los culmina en su ciudad natal, alcanzando el grado de Bachiller en Artes con notas sobresalientes.[18] Su instrucción profesional la realiza tanto en la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid (1871–1874), como en la Escuela Provincial de Arquitectura de Barcelona (1874–1877), obteniendo el título de arquitecto en marzo de 1878.[19] Se radica en Madrid y comienza a trabajar dirigiendo construcciones de casas particulares en gran número.[20] Participa en algunas exposiciones haciéndose acreedor a varios premios, destacándose su participación en las Exposiciones Nacionales de Bellas Artes de 1881[21] y 1887.[22] Por concurso de méritos gana una plaza de arquitecto en la Dirección de Beneficencia General y Sanidad del Gobierno Civil de Madrid,[23] ocupando cargos como inspector de los teatros madrileños, vocal de las Juntas Consultivas de Teatros, y de Urbanización y Obras;[24] y jefe superior de Administración Civil.[25]

Entre sus edificios en Madrid sobresalen: La Equitativa (1887), en la calle Alcalá c/v Sevilla, actual BANESTO; el edifico de viviendas de los Duques de Prim (1889), en la Plaza de la Independencia, 4 c/v Serrano,1; el New Club (1899), en la calle Cedaceros, 2 c/v Alcalá, 24, actual Sociedad Nuevo Club, el Teatro Lírico (1899), en la calle Marques de la Ensenada, 8, actual Consejo General del Poder Judicial y el Palacio de Longoria (1902), en la calle Fernando VI c/v Pelayo, actual Sociedad General de Autores y Editores. En Guipúzcoa se destaca el Gran Hotel de los Baños de Cestona (1893). En el campo de los monumentos conmemorativos se distinguen, el dedicado a Antonio Cánovas del Castillo (1900),[26] en la Plaza de la Marina Española y el monumental conjunto en honor al Rey Alfonso XII (1901), en el Parque del Retiro. En la arquitectura funeraria, el panteón particular de la familia De Cuadrado y Arcos (1890), en la Sacramental de San Isidro y la sepultura de Federico Chueca (1908), en la Sacramental de San Justo.

Entre su publicaciones figuran: *Higiene de Hospitales* (1897), *Pasaje de Hoteles entre las calles de Alcalá y Jorge Juan* (1898);[27] *Gran Vía Central de Norte a Sur, desde la carretera general del norte a la carretera general de mediodía* (1901);[28] *Pasaje comercial desde la calle de Alcalá, frente á la de Sevilla, hasta la Red de San Luis (Calle de la Montera) atravesando las de Jardines y de la Aduana* (1901);[29] *Memoria del Monumento que se erige en Madrid á la Patria Española personificada en el Rey Don Alfonso XII* (1902, reeditada 1905); *Reformas y descripción de todos los teatros de Madrid* (1904); *Manicomio modelo español en la posesión de Vista Alegre* (1905);[30] *El Parque de Madrid, los Jardines del Buen Retiro, el Salón del Prado* (1905);[31] *La Mendicidad* (1908).[32]

Obtuvo varias distinciones, entre ellas la Cruz de Primera Clase de la Orden Civil de Beneficencia, Caballero de la Gran Cruz de la Real Orden de Isabel la Católica[33] y Gran Cruz de Carlos III. Fue además socio de mérito de varias corporaciones y academias.[34] Muere en Madrid, el 18 de febrero de 1919, a la edad de 69 años, sin llegar a ver concluida una de sus obras cumbres, el monumento a Alfonso XII, inaugurado con una pomposa ceremonia el 2 de junio de 1922.[35]

Del estilo francés al modernismo

La obra de Grases enriqueció el panorama arquitectónico madrileño junto a célebres coetáneos como: Ricardo Velásquez Bosco, Enrique Repullés y Vargas o Eduardo Adaro, con los cuales fue imprimiendo un sello cosmopolita a la capital, de la mano de reconocidos artistas plásticos como: Ricardo Bellver, Mariano Benlliure o Joaquín Bilbao. Sus primeras huellas en el manejo del estilo francés, se encuentran en la casa que diseñara para los perjudicados por el terremoto de Málaga y Granada,[36] cuando como funcionario público propone esta solución habitacional, a partir de una estructura básica de madera (fig. 6), cuyo prototipo lo financiará personalmente y que le valdrá el reconocimiento de la familia real.[37]

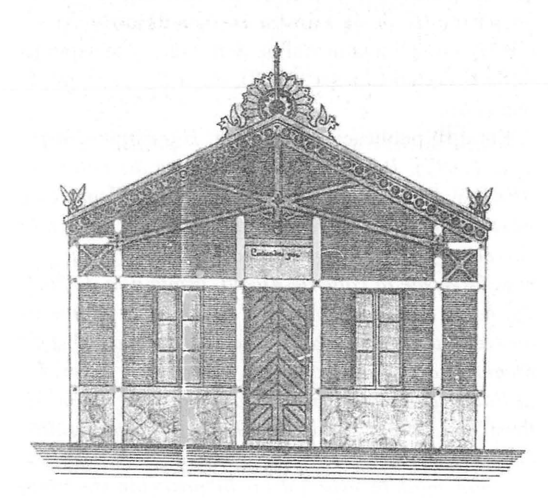


Figura 6
Casa económica para los perjudicados por el terremoto de Málaga y Granada. (Grases 1885)



Figura 7
Detalle del edificio de La Equitativa. (FL 2006)

Pero cuando deja ver sus estructuradas dotes arquitectónicas en este estilo, es en la construcción del edificio para La Equitativa (fig. 7); al que seguirán obras como el edificio de los duques de Prim, el Teatro Lírico, el New Club y el monumento a Alfonso XII. El toque personal lo pondrá en los detalles constructivos, realizados primordialmente con piedra natural y artificial, mármol y granito, sin duda materiales de primera línea, acorde con sus propietarios, solventes instituciones y personajes de la vida pública madrileña, en algunos casos inspirados en diseños preexistentes, como por ejemplo el uso de una rotonda para rematar la esquina de las parcelas, tal el caso de la Equitativa y el edificio Prim, o un aporte significativo que fue el uso de unas grandes ménsulas en forma de cabeza de elefante[38] tanto en la Equitativa como en el Teatro Lírico (fig. 8).



Figura 8
Detalle del edificio de La Equitativa. (foto del autor 2006)

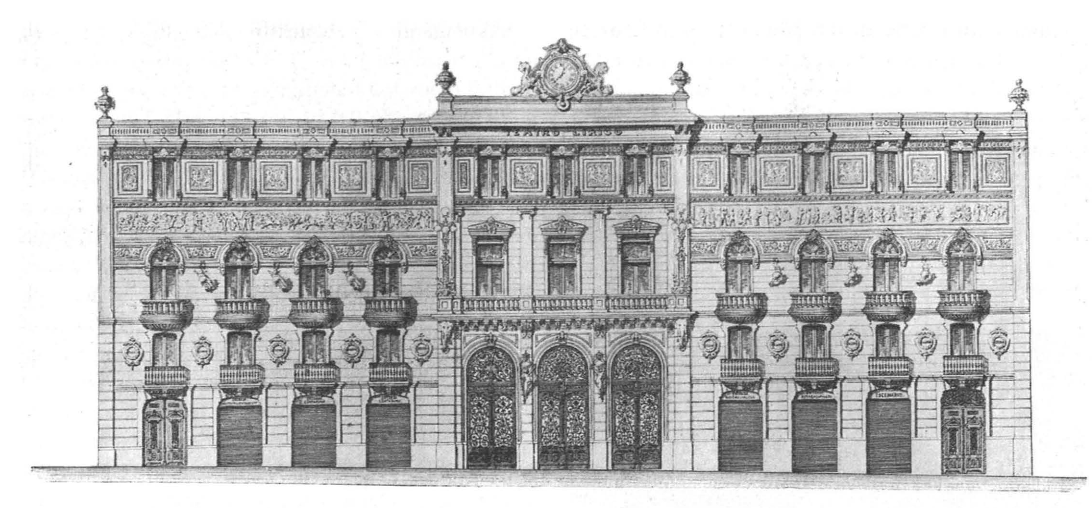


Figura 9
Alzado general del Teatro Lírico. (Cabello 1902)

Fue de los primeros en suprimir los entramados de madera y emplear el cemento en los morteros[39] que, siendo un recurso propio de las innovaciones de la época, lo empleó en conjunto con los sistemas tradicionales de muros soportantes de piedra y ladrillo, combinados con elementos metálicos, de los cuales cobró importancia la estructura original de La Equitativa[40] o la desaparecida estructura de cubierta del Teatro Lírico[41] (figs. 9 y 10).

El diseño de las ornamentaciones metálicas será un sello personal de alto valor en sus obra, destacándose en la Equitativa, su fuerte expresividad y variedad, a través de la combinación de varias clases de metales, junto con la piedra y el mármol, y el carácter simbólico de los conjuntos escultóricos empleados, tanto en La Equitativa[42] (fig. 11), como en los

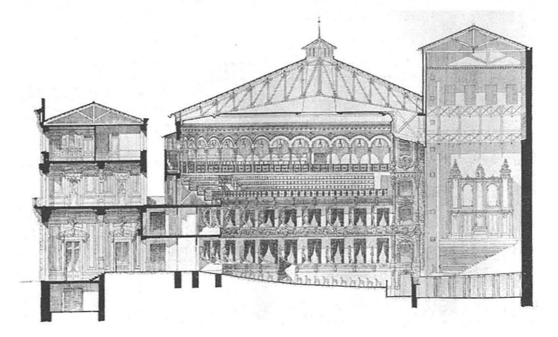


Figura 10
Sección longitudinal del Teatro Lírico. (Cabello 1902)

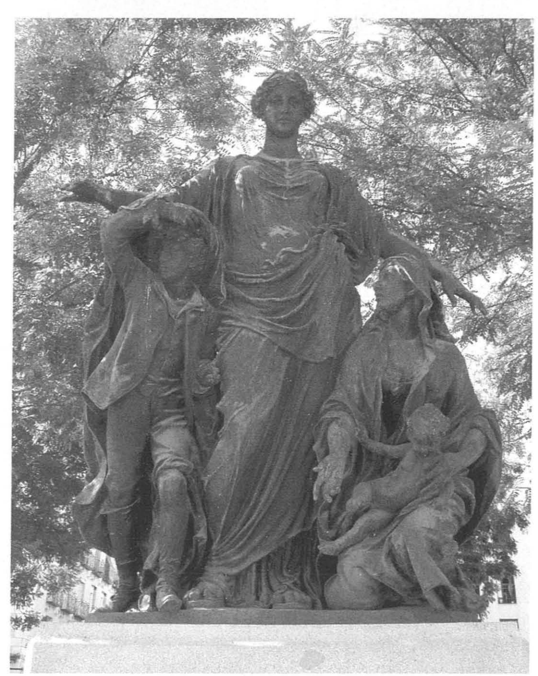


Figura 11
Grupo escultórico *La Equitativa*, en su actual ubicación, plaza del Campillo del Mundo Nuevo. (foto del autor 2006)

monumentos a Alfonso XII (fig. 12)[43] y a Cánovas del Castillo. En menor calado el metal también lo utilizará como anclaje de piezas decorativas de piedra, que en algunos casos por falta de mantenimiento, dada la presencia de humedad, se ha transformado, produciendo roturas y desprendimientos del material, caso de patéticas consecuencias en el Panteón Familiar De Cuadro y Arcos en la Sacramental de San Isidro.

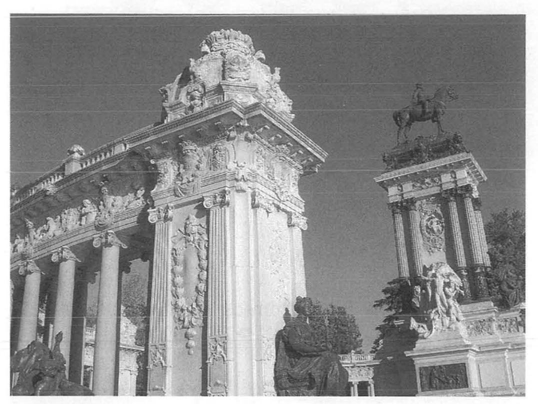


Figura 12
Monumento a Alfonso XII. (foto del autor 2006)

Fuera de Madrid tuvo un importante encargo, el Gran Hotel de los Baños de Cestona en Guipúzcoa, cuyo repertorio afrancesado, se vio también compaginado con la inclusión de detalles mudéjares en alusión a los baños árabes y que destacó por su monumentalidad y grandes espacios interiores[44] (fig. 13).

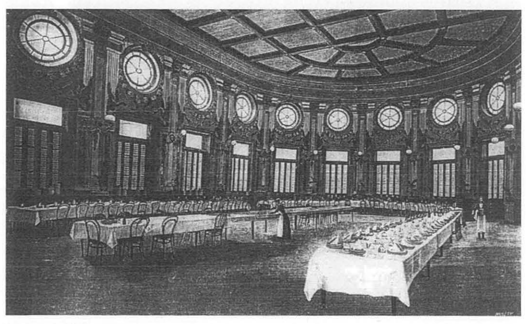


Figura 13
Comedor principal del Gran Hotel de los baños de Cestona. (Anónimo 1897a)

Sin embargo, con el cambio de siglo y a través de un cliente singular, fuera de todo pronóstico en un Madrid de escasa tradición modernista, en 1902 proyecta el afamado Palacio de Longoria, convirtiéndose en un verdadero icono de éste estilo en la capital, por el cual pasará a la posteridad casi por encima de sus anteriores obras. Ángel Urrutia lo incluye dentro de su clasificación del modernismo en España, como ocasional,[45] y Adolfo González,[46] lo cataloga dentro del eclecticismo experimental y único importante edificio claramente «Art Nouveau» (fig. 14), con el cual no solo incursionó en un estilo diferente al que comúnmente practicaba,[47] sino que además logró una simbiosis, tanto en el repertorio formal como en la técnica constructiva, al dar al edificio una característica volumétrica con reminiscencias del eclecticismo y una ornamentación de fuerte expresividad a tono con la corriente modernista,[48] junto a un planteamiento estructural propio del modernismo, convirtiéndolo en el único edificio integral de éste estilo en Madrid (figs. 15), contrario a lo que generalmente se hacía en los edificios al reformarlos con detalles modernistas, «modernismo epitelial» según Ángel Urrutia; o que siendo obras de nueva factura solo la fachada se planteaba como tal, utilizándose el esquema tradicional en la estructura. En este aspecto destacan las columnas interiores en forma de palmera y la sobresaliente escalera principal, en donde integra todas las artes en una combinación modélica a la usanza del mejor estilo belga con una cúpula translúcida de cristal policromado, resuelta con una estructura de hierro que recuerda al vestíbulo del Hotel van Etvelde (1898) de Victor Horta en Bruselas.[49]

Con el palacio de Longoria, Grases cierra su pausa modernista en la capital, así como su producción arquitectónica en general, concentrándose el resto de su

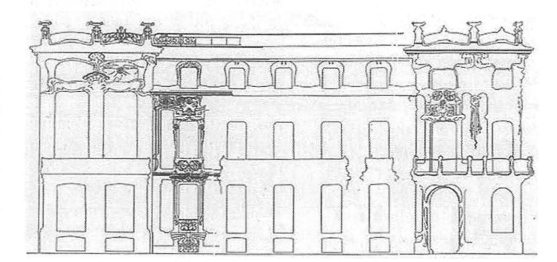


Figura 14
Palacio de Longoria, fachada a c/Pelayo. (Grases 1902)

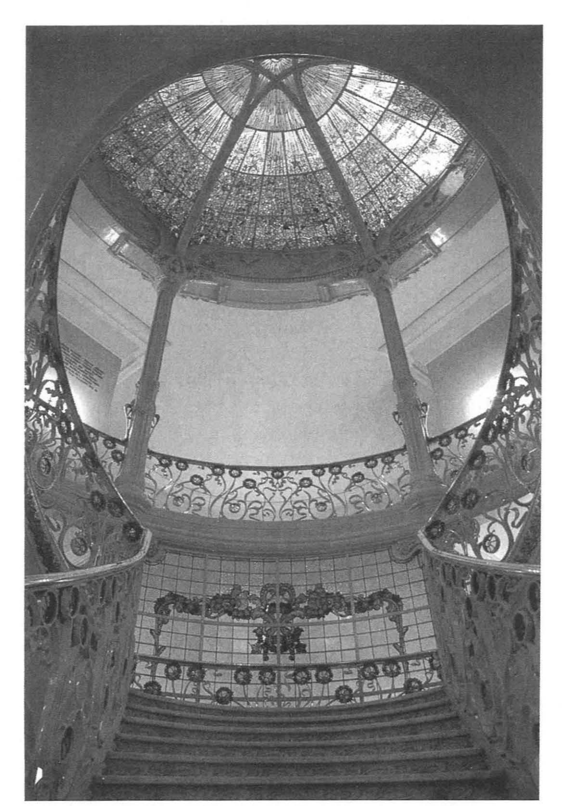


Figura 15
Palacio de Longoria, detalle de la escalera principal. (Guerra 1980)

carrera, en la dirección de las obras de monumento a Alfonso XII, que por dificultades de financiamiento tardaría en realizarse sin que llegara a verlo concluido. También se dedicará a los estudios urbanos y a dar luz a varias publicaciones, descubriéndose a un profesional preocupado por las cuestiones de sanidad y bienestar público, a propósito de su actividad en la Dirección de Beneficencia General y Sanidad del Gobierno Civil de Madrid, con obras en donde además de hacer análisis críticos, propondrá soluciones basadas en la gestión de recursos, uno de ellos premiado por la Academia de Higiene de Cataluña.

Notas

1. Significativas de aquel largo período además de las reformas de la Puerta del Sol, vías aledañas, y la creación de la Plaza de Oriente, serán los planes para la apertura de la Gran Vía, que por cuestiones económicas tardaría en ejecutarse (Ruiz 1976).
2. El control se daría a través de una estrategia de defensa de los edificios del poder político con la alineación de sus calles adyacentes, ajustada al caso madrileño, al eje constituido por el Ministerio de la Gobernación en la Puerta del Sol, equidistante aproximadamente del Palacio Real y del Palacio de las Cortes. Para ejercer un mejor control y orden por medio de las armas (Bonet 1998, 22).
3. El plan general de alineaciones se llevó a cabo en 349 calles y 40 plazas (Sambricio 1998, 49).
4. Derrocamientos que se detuvieron tras la Restauración de la monarquía en 1874.
5. A decir de sus políticos, Madrid se encontraba rezagada en la compleja traza de la antigua corte y había que ponerla a la altura de sus similares europeas.
6. En 1857, la Escuela Superior de Arquitectura dejo de ser dependencia de la Real Academia de Bellas Artes.
7. «La moda francesa, que genera un eclecticismo decimonónico sin extinguir a principios de siglo, suele gustar a cierta aristocracia o las firmas financieras que desean manifestar su poder y solidez, ficticio o real» (Urrutia 1997, 121).
8. Chueca (1986, 249).
9. Fernández (1987, 12).
10. Navascués (1973, 321).
11. «Un cambio fundamental se produjo con la propuesta de Grases Riera para una Gran Vía Norte Sur (1901) que desde entonces condicionó todos los planes de expansión urbana». (Baldellou 1996b, 43)
12. Grases (1901b).
13. Grases (1901b 107, 229–233).
14. Varios fueron los proyectos de distintos autores que se quedaron en el papel, en gran parte por las dificultades económicas que suponía el pago de los edificios a expropiarse (Humanes 1986).
15. Urrutia (1997, 121).
16. Navascués (1973, 319).
17. Alonso (1985, 58).
18. Anónimo (1897b, 342).
19. Archivo General de la Administración (Leg. 31–14850–47)
20. Anónimo (1897b, 342).
21. Ganador de la Tercera Medalla con el proyecto de un palacio para la Excma. Diputación Provincial de Madrid. (Anónimo 1881).
22. Ganador de la Tercera Medalla con el proyecto, *Casa para la Equitativa*, elaborado conjuntamente con Antonio Farrés Aymerich.
23. Sainz (1975, 4).
24. Sainz (1975, 4).
25. Anónimo (1897b, 342).

26. Rincón (1909, 225–234).
27. En éste pasaje de 112 metros de longitud por ocho de ancho, se proponía la construcción de dieciocho hoteles de cuatro plantas cada uno, a través de una compañía constructora por él gerenciada (Grases 1901d).
28. Memoria descriptiva en IX capítulos, con plano a color escala 1: 60000, detallando la circunferencia de perímetro máximo de la zona de urbanización de Madrid del porvenir, trazado con un radio de 8Km con centro en la plaza de Madrid. Describe la topografía de Madrid, el clima y la posibilidad de la creación de la Gran Vía con eje N-S y una longitud de 16 Km., a partir del eje del actual paseo de la Castellana (Grases 1901c).
29. Proyecto aprobado después de un largo proceso, pero finalmente retirado por su autor (Grases 1901d).
30. Texto en once capítulos con un ensayo sobre la locura y las condiciones necesarias de un edificio para su tratamiento, con énfasis al nuevo manicomio Modelo (Grases 1905b).
31. Texto en nueve capítulos con una crítica a lo que se pudo y debió realizarse si se hubiera posibilitado la ampliación del parque. Incluye gráficos sobre le proyecto ganador para el monumento a Alfonso XII y el nuevo embarcadero del estanque y café - restaurant del parque del Retiro (Grases 1905a).
32. Memoria de cómo se puede llevar a la práctica el plan de la creación de fianzas para su extinción (Grases 1908).
33. Archivo Ministerio Asuntos Exteriores (Leg. C-296–3).
34. Anónimo (1897b, 342).
35. Archivo Histórico Nacional (Leg. 41ª-17).
36. El terremoto producido la noche del 25 de diciembre de 1884, produjo sólo en la provincia 690 muertos, 1173 heridos, 3342 casa hundidas completamente y 2138 en parte (Anónimo 1885).
37. Tras varias comisiones, Grases proyecta una serie de casas modelo, llegando a construir la correspondiente a una vivienda, a su costo, en un solar del colegio de Loreto, cedido por el Real Patrimonio en la calle Atocha e/ Plaza Matute, con la finalidad de incentivar la suscripción popular y conseguir levantar el mayor número.
38. Tienen un gran simbolismo, como imágenes de la fuerza, la seguridad, la perpetuidad y la fidelidad (Tovar 1988, 299).
39. Sainz (1975, 4).
40. Mediante dos reformas importantes en 1920 y en 1945, se reestructuró el edificio, siendo la segunda la más compleja al abrir grandes luces para el patio de cajas y al añadir tres plantas más, lo que generó una alteración notable en su estructura original, perdiéndose gran parte de ella.
41. Estructura que sucumbió en el incendio que destruyó totalmente el edificio en 1920, a partir del cual se cambió los usos, convirtiéndolo en viviendas, luego en centro educativo y finalmente en sede del Consejo General del Poder Judicial.
42. La escultura de La Equitativa, alegoría de la protección sobre la orfandad y la viudez, obra del alemán A. Knipp, fue retirada y donada al Ayuntamiento de Madrid en 1920, al cambiar de propietario el edificio, actualmente se encuentra en la plaza del Campillo del Mundo Nuevo.
43. En el monumento a Alfonso XII trabajaron 22 escultores a lo largo de más de 20 años. Contándose entre los grupos escultóricos, alegorías mitológicas y de la organización de los pueblos, como las artes, las ciencias, la industria, la agricultura, el ejército, la marina y las virtudes de la paz, la libertad y el progreso. (Sanz 1988).
44. El gran comedor, un espacio libre decorado en estilo Renacimiento, se realizó con un área de más de 500 m^2 y una altura de 12 m.
45. Urrutia (1997, 45).
46. González (1968, 116).
47. «Es desconcertante en este sentido el cambio que experimenta en Madrid José Grases Riera, pasando del eclecticismo de su Edificio La Equitativa al modernismo del Palacio de Longoria, debido al consentimiento excepcional de un cliente como Javier González Longoria». (Urrutia 1997, 23).
48. «No hay que olvidar que, si bien el Modernismo es la vanguardia de su época, un análisis exigente de toda la producción artística de aquellos años revela que también entre los que seguían aferrados a la vieja escuela se mantiene un alto nivel creativo» (BARJAU, Santi: «Introducción al Modernismo», *Guía de la Barcelona Modernista*, p. IV.
49. Varios estudios se han referido a este hotel, como ejemplo representativo del modernismo belga. (Sugrañés 1916), (Fahr 1996).

LISTA DE REFERENCIAS

Alonso Pereira, José Ramón. 1985. *Madrid 1818–1931, de Corte a Metrópoli,* Madrid: Comunidad de Madrid.

Anónimo. 1881. *Catálogo de la Exposición General de Bellas Artes de 1881*, Madrid.

Anónimo. 1885. Los terremotos en la provincia de Granada, *La Ilustración Española Americana,* VIII. Madrid.

Anónimo. 1887. *Catálogo de la Exposición Nacional de Bellas Artes de 1887*, Madrid.

Anónimo. 1897a. Baños de Cestona (Guipúzcoa), El nuevo Gran Hotel, *La Ilustración Española Americana,* XXI: 342, 348–349, Madrid.

Anónimo. 1897b. Ilmo. Sr. D. José Grases y Riera, arquitecto de la Equitativa y del nuevo Gran Hotel de Cestona, *La Ilustración Española Americana,* XXI: 342, Madrid.

Anónimo. 1898. *Compañía Constructora de un Pasaje de Hoteles*, Madrid.

Anónimo 1987. Fernando Arbós Tremanti, *Arquitectura madrileña de la primera mitad del S. XX. Exposición Museo Municipal Marzo 1987,* Madrid: Ayuntamiento de Madrid.

Archivo General de la Administración. *Expediente académico*, Leg. 31–14850–47, Madrid.

Archivo Histórico Nacional. *Monumento a Alfonso XII en el Retiro*, Leg. 41ª-17, Madrid.

Archivo Ministerio Asuntos Exteriores. *Expediente condecoraciones Cruz de Isabel la Católica*, Leg. C-296–3, Madrid.

Baldellou Santolaria, Miguel Ángel. 1996. Escuela y ciudad. Madrid 1898–1936, *Madrid y sus arquitectos 150 años de la Escuela de Arquitectura,* 43, Madrid: Comunidad de Madrid.

Barjau, Santi. 1991. Introducción al Modernismo, *Guía de la Barcelona Modernista*, Barcelona: Sendai.

Bonet Correa, Antonio. 1998. La Puerta del Sol, corazón y cogollo de Madrid, *La Real Casa de Correos 1756/1998, Sede de la Presidencia de la Comunidad de Madrid,* 16–27, Madrid: Comunidad de Madrid.

Cabello y Lapiedra, Luis María. 1902. El Nuevo Teatro Lírico y la casa del New Club de Madrid, Arquitecto: D. José Grases Riera, *Arquitectura y Construcción,* 121: 231–242, Barcelona.

Chueca Goitia, Fernando.1986. Eclecticismo, *Historia de la Arquitectura Occidental*, X, Madrid: Dossat.

Fernández Alba, Antonio. 1987. Cuatro arquitectos en la imagen de Madrid, *Arquitectura madrileña de la primera mitad del S. XX. Exposición Museo Municipal Marzo 1987,* 12, Madrid: Ayuntamiento de Madrid.

González Amézqueta, Adolfo. 1968. La arquitectura madrileña del ochocientos, *Hogar y Arquitectura,* 75, 114–116, Madrid.

Grases Riera, José. 1885. *Casa económica para los perjudicados por el terremoto de Málaga y Granada*. Memoria manuscrita.

Grases Riera, José. 1901a. Concurso de proyectos de monumento a D. Alfonso XII, *Arquitectura y Construcción*, 107, 204–205, Barcelona.

Grases Riera, José. 1901b. Gran Vía central de norte a sur / Desde la carretera general del norte a la carretera general de mediodía, *Arquitectura y Construcción*, 107, 229–233, Barcelona.

Grases Riera, José. 1901c. *La mejor calle de Europa en Madrid, Gran Vía Central de norte a sur*, Madrid: Romero.

Grases Riera, José. 1901d. *Pasaje comercial desde la calle de Alcalá, frente á la de Sevilla, hasta la Red de San Luís (Calle de la Montera) atravesando las de Jardines y de la Aduana*, Madrid: Romero.

Grases Riera, José. 1902. *Memoria del Monumento que se erige en Madrid á la Patria Española personificada en el Rey Don Alfonso XII,* Madrid: Romero.

Grases Riera, José. 1905a. *El Parque de Madrid, Los Jardines del Buen Retiro, El Salón del Prado*, Madrid: Fortanet.

Grases Riera, José. 1905b. *Manicomio modelo español en la posesión de Vista Alegre,* Madrid: Romero.

Grases Riera, José. 1905c. *Memoria del monumento que se erige en Madrid a la patria española personificada en el rey don Alfonso XII*, Madrid: Fortanet.

Grases Riera, José. 1908. *La Mendicidad*, Madrid: Fortanet.

Guerra, Ramón. 1980: *Madrid Guía de Arquitectura (1800–1919),* Madrid.

Humanes Bustamante, Alberto. 1986: *Madrid no construido, imágenes arquitectónicas de la ciudad prometida,* Madrid: COAM.

Martínez De Velasco, Eusebio. 1885. Construcciones económicas. Casas costeadas por suscrición, á favor de los perjudicados por los terremotos, *La Ilustración Española y Americana,* IX, 134, Madrid.

Navascués Palacio, Pedro. 1973. *Arquitectura y arquitectos madrileños del siglo XIX,* Madrid: Instituto de Estudios Madrileños.

Rincón Lazcano, José. 1909. *Historia de los monumentos de la villa de Madrid,* Madrid: Imprenta Municipal.

Ruiz Palomeque, Eulalia. 1976. *Ordenación y transformaciones urbanas del Casco Antiguo madrileño durante los siglos XIX y XX*, Madrid: Instituto de Estudios Madrileños.

Sainz De Robles, Federico Carlos. 1975. *Breve historia del madrileño palacio de Longoria, Hoy sede de la Sociedad General de Autores de España,* Madrid.

Sambricio, Carlos. 1998. La Casa de Correos y la Puerta del Sol, *La Real Casa de Correos 1756–1998, Sede de la Presidencia de la Comunidad de Madrid,* 28–53, Madrid: Comunidad de Madrid.

Sanz, José María. 1988. Esculturas, *Enciclopedia de Madrid, Monumentos, fuentes, lápidas, esculturas y funerarios,* I, 239–288, Madrid: Giner.

Sugrañés, Domingo. c.a. 1916. *Tratado completo teórico y práctico de arquitectura y construcción modernas*, Barcelona: Marcelino Bordoy.

Tovar, Virginia. 1988. *Arquitectura Civil.* II. Enciclopedia de Madrid, Madrid: Giner.

Urrutia, Ángel. 1997. *Arquitectura Española Siglo XX*, Madrid: Cátedra.

Valcárcel, Soledad. 2003. *Imágenes del Madrid antiguo, álbum fotográfico 1857–1939,* 1ª Parte, Madrid: La Librería.

Evolución de la composición de los morteros en los puentes de fábrica

José Luis Manjón Miguel
José Antonio Martínez Martínez

Es un dato conocido, que en los primeros tiempos históricos la unión entre las fábricas de piedra tenía lugar «a hueso», sin la adición de morteros, mediante un simple contacto de las caras de los sillares, lo que requería una labra cuidadosa y costosa de los mismos a fin de asegurar un adecuado contacto, y la utilización de un material de muy buena calidad. Posiblemente, el ejemplo más representativo en España, tiene lugar con la construcción romana del acueducto de Segovia.

En ocasiones, las uniones sin mortero se mejoraban recurriendo a la utilización de grapas o abrazaderas, ya fueran metálicas (plomo, hierro o cobre) o de madera, y generalmente con forma en «doble cola de milano», de tal forma que la unión de los sillares se efectuaba realizando un cajeado con forma simétrica en cola de milano en cada uno de ellos, en el cual se alojaba la grapa, la cual, si era de madera, era humedecida después de ser asentada a fin de que se hinchase y se garantizase así su inmovilidad. Otras formas de grapas que han sido utilizadas de forma más o menos habitual, son la doble T y la PI. Ejemplos de estos tipos de uniones podemos encontrarlas en construcciones egipcias tales como el templo de Kom Ombo, en algunas muestras de la arquitectura griega del siglo VI a.C., y en numerosas muestras de la arquitectura romana.

Otra forma de junta «a hueso» sería la del machihembrado. En este caso, la unión se mejora mediante el tallado de salientes en una de las caras de la unión, que alojaban perfectamente en huecos dispuestos al efecto en la otra cara de la junta.

Sin embargo, cuando se deseaba que ese contacto entre sillares fuera mejorado sin el excesivo esfuerzo que suponía una labra perfecta, se empleaban morteros de diferentes tipos, los cuáles formaban un medio de transición que aseguraba y facilitaba un buen contacto entre las caras de los sillares y permitían una buena nivelación de las hiladas.

Entre los estudiosos de los morteros es bien conocida la evolución que han tenido éstos a lo largo de la historia. Así, se tienen datos de morteros de la Época Egipcia, fabricados con yeso semihidratado y empleados en la Pirámide de Keops (año 2600 a.C.), así como de morteros de anhidrita insoluble (yeso sobrecocido), utilizados en las juntas de bloques de piedra del Templo de Amon, en Karnak.

Por otro lado, en la Época Romana, y tal y como se indica en Los Diez libros de Arquitectura, de Marco Vitrubio Polión (25 a.C.–35 d.C.), se realizaba una mezcla de cal y arena, en una proporción que dependía de la calidad de ésta última, utilizándose habitualmente proporciones de 1 parte de cal con 3 partes de arena, o bien 2 partes de cal con 5 partes de arena.

Los morteros de cal se han venido utilizando durante muchos siglos. Para su realización era necesario en primer lugar fabricar la cal (cal viva) y después apagarla (cal apagada). La cal viva se consigue calcinando rocas calizas a elevada temperatura, del orden de los 1.000º, produciéndose la siguiente reacción: Carbonato cálcico (roca caliza) + calor = anhídrido carbónico + óxido de calcio (cal viva).

Esta cal viva, mezclada con agua, produce una pasta, que una vez seca y en forma de polvo constituye la cal apagada. La reacción química es: Óxido de calcio (cal viva) + agua = hidróxido de calcio (cal apagada) + calor

La cal apagada, mezclada con agua y arena constituye lo que conocemos como un mortero de cal. Durante el proceso de secado o fraguado de ese mortero se vuelve a recuperar carbonato cálcico, pero ya con forma de recubrimiento de pasta seca y dura, con la forma adoptada durante el fraguado. La reacción tiene lugar tomando el anhídrido carbónico de la atmósfera, y es la siguiente: Hidróxido de calcio (cal apagada mezclada con agua y arena) + anhídrido carbónico = carbonato cálcico (pasta seca y dura) + agua.

Ya en la época medieval, comienza a utilizarse una forma inicial de mortero de cemento, obtenida mediante la adición de arcilla a la anterior mezcla de cal apagada, agua y arena que venían utilizando los constructores romanos. Una idea que ha sido frecuentemente divulgada, y que esporádicamente se repite en publicaciones que tratan el tema de la construcción medieval, es que estos cementos eran de baja calidad, con una gran proporción de arcilla.

Los cementos modernos se desarrollan a partir del siglo XIX, combinando la cocción a altas temperaturas de caliza y arcilla. Vicat (1818), y Joseph Aspdin (1824) son nombres ligados a la historia de los cementos modernos. La base de los cementos Pórtland, sus clínkeres, se obtiene calcinando hasta la fusión mezclas artificiales de calizas y arcillas hasta que se combinan todos sus componentes. En ocasiones, se pueden adicionar otros componentes como son las puzolanas naturales, las cenizas volantes, el humo de sílice o los fílleres calizos, adiciones todas ellas, que en sí mismas no poseen ninguna característica de hidraulicidad, pero contienen componentes que mejoran o modifican algunas de las propiedades físicas y/o químicas de la mezcla.

Los principales componentes de un cemento Pórtland de principios del XIX, y sus proporciones, podían ser:

Cal (CaO): 57–67 %
Sílice (SiO_2): 20–28 %
Oxido de hierro (Fe_2O_3): 4–9 %
Alúmina (Al_2O_3): 1–6 %
Magnesia (MgO): < 3 %
Álcalis ($Na_2O + K_2O$): < 3 %

Una composición más actual podría ser la siguiente:

Cal (CaO): 62,5 %
Sílice (SiO_2): 21 %
Oxido de hierro (Fe_2O_3): 2,5 %
Alúmina (Al_2O_3): 6,5 %
Magnesia (MgO): 2 %
Álcalis ($Na_2O + K_2O$): 0,5 %

Objetivo

El objetivo principal de este trabajo ha sido la puesta a punto de un método que permita analizar el contenido cualitativo y cuantitativo de diferentes muestras de mortero, de tal forma que mediante un análisis rápido, y mediante comparación de los resultados con los obtenidos para otras muestras previamente datadas, pueda obtenerse una datación fiable de la muestra y, por consiguiente, de la estructura de fábrica, o de al menos de la parte de la misma de donde se ha realizado la toma de la muestra, lo que sin lugar constituye una importante herramienta de trabajo para los profesionales que precisen una datación rápida de una estructura de fábrica.

Para poder llevar a cabo este objetivo, se ha realizado el estudio de doce puentes de fábrica de piedra,

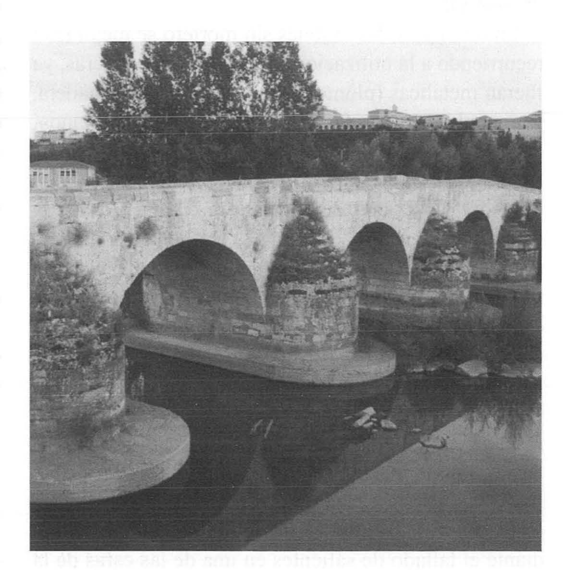


Figura 1
Puente de Lerma (Burgos)

NOMBRE DEL PUENTE	SITUACIÓN	PROVINCIA	SIGLO
Palenzuela	Palenzuela	Palencia	XVI
Peral de Arlanza	Peral de Arlanza	Burgos	XVI
Escuderos	Escuderos	Burgos	XVI
Talamanca	Torrepadre-Villahoz	Burgos	XVI
Tordómar	Tordómar	Burgos	X
Lerma	Lerma	Burgos	finales XVI
Quintanilla del Agua	Quintanilla del Agua	Burgos	principios XX
Piélago Negro	Covarrubias-Hortigüela	Burgos	XX
Barbadillo del Mercado	Barbadillo del Mercado	Burgos	finales XIII
Salas de los Infantes	Salas de los Infantes	Burgos	XIX
Castrovido	Castrovido	Burgos	XII
Palacios de la Sierra	Palacios de la Sierra	Burgos	XIII

Tabla 1
Relación de los puentes estudiados

encuadrados todos ellos en la cuenca del río Arlanza, en las provincias de Burgos y Palencia, y cuyas edades oscilan desde el siglo X al siglo XIX. De todos ellos, se han obtenido muestras de mortero, las cuáles han sido analizadas mediante las técnicas de Fluorescencia de Rayos X y de Difracción de Rayos X. Con estas técnicas, podemos determinar cuáles son los elementos fundamentales que componen la muestra, sus proporciones, e incluso las trazas de componentes cuya presencia sea menor.

Los puentes cuyos morteros han sido estudiados, relacionados en sentido aguas arriba, e indicando para cada uno de ellos su datación, son los indicados en la Tabla 1.

Descripción de las técnicas de ensayo

La toma de las muestras de mortero a ensayar

Para poder llevar a cabo el objetivo propuesto, fue preciso realizar la toma de diversas muestras de morteros de los diferentes puentes y en diversas zonas de las fábricas, tratándose de identificar cada muestra con una tipología concreta de fábrica o una edad determinada, lo que en ocasiones reviste gran dificultad, ya que muchos de los puentes estudiados han sufrido modificaciones, reformas, ampliaciones y reparaciones a lo largo del tiempo, lo que dificulta la datación original de la estructura (si es que queda todavía algo) o la de sus elementos más importantes o representativos.

Cada una de las muestras tomadas fue numerada mediante un sistema decimal compuesto por dos grupos de números. El primero de ellos, de dos dígitos, hace referencia al número que hace el puente de fábrica de piedra en el cauce del río Arlanza (existen un total de 17 puentes de esas características), en



Figura 2
Toma de muestras de mortero en el puente de Salas de los Infantes (Burgos)

NOMBRE DEL PUENTE	MUESTRA	ENSAYADA
Palenzuela	01.01	SI
Peral de Arlanza	02.01	SI
Escuderos	03.01	SI
Escuderos	03.02	SI
Talamanca	04.01	SI
Tordómar	05.01	SI
Lerma	06.01	NO
Lerma	06.02	SI
Lerma	06.03	NO
Lerma	06.04	NO
Lerma	06.05	SI
Lerma	06.06	NO
Lerma	06.07	SI
Quintanilla del Agua	07.01	SI
Quintanilla del Agua	07.02	SI
Quintanilla del Agua	07.03	NO
Quintanilla del Agua	07.04	NO
Quintanilla del Agua	07.05	NO
Piélago Negro	10.01	SI
Barbadillo del Mercado	12.01	SI
Salas de los Infantes	13.01	SI
Castrovido	14.01	SI
Palacios de la Sierra	16.01	SI

Tabla 2
Muestras de mortero ensayadas



Figura 3
Indicación del punto de toma de la muestra en el puente de Castrovido (Burgos)

sentido aguas arriba, y comenzando a contar desde el punto en que éste río desemboca en el río Arlanzón. El segundo, también de dos dígitos, hace referencia al número de la muestra para ese puente. Por diferentes razones, no todas las muestras tomadas pudieron ser ensayadas, realizándose un proceso de selección previo de las que si fueron sometidas a dicho proceso.

La obtención ha sido muy compleja, ya que en muchos casos la accesibilidad a las zonas de muestras potencialmente interesantes era realmente difícil. Por otro lado, fue precisa la puesta a punto de una metodología de toma de muestra que permitiera acceder a zonas de la junta que no se encontrasen contaminadas o que no hubiesen sido alteradas o modificadas por la aplicación en épocas recientes de otros morteros distintos del original utilizado en la construcción de la fábrica.

El ensayo de Fluorescencia de Rayos X

La Fluorescencia de Rayos X es la técnica empleada normalmente cuando se quiere conocer con rapidez la composición elemental exacta de una sustancia. Mediante esta técnica es posible determinar la presencia o no de todos los elementos del Sistema Periódico, desde el flúor hasta el uranio, tanto en muestras sólidas, en polvos y en líquidos. Asimismo mediante la utilización de los patrones adecuados es posible realizar el análisis cuantitativo de los elementos presentes.

Este método de ensayo aparece recogido y normalizado en las siguientes Normas UNE:

- UNE 80–210–94. Métodos de ensayo de cementos. Análisis químico. Determinación de la composición química del clínker portland y cementos por fluorescencias de rayos X. Madrid (España): Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), 1994.
- UNE 80–211–94. Métodos de ensayo de cementos. Análisis químico. Determinación de la composición química de cales y calizas por fluorescencias de rayos X. Madrid (España): Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), 1994.

En el análisis cuantitativo, se dispone de un calibrado para muestras geológicas y similares, con patrones de referencia internacional. Los elementos mayoritarios que se determinan son óxidos cuya presencia sea superior al 0,1 % en el conjunto de la muestra, tales como Al_2O_3, P_2O_5, K_2O, CaO, SiO_2, TiO_2, MnO_2, Fe_2O_3, MgO, Na_2O; y como elementos trazan se determina la presencia de V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ba, Nb, Rb, Sr, Y, Zr, U, Th, Pb, S.

En el trabajo de rutina, las muestras a analizar han de ser sólidas y se preparan para su posterior análisis mediante compactación en una prensa (elementos trazas y semicuantitativo), o por fusión con una perladora (elementos mayoritarios).

Para la determinación de los óxidos mayores, es precisa una muestra cuyo tamaño sea de tan sólo 2 g, en cambio, y para la determinación de los elementos traza, el tamaño de la muestra se quintuplica, siendo su tamaño mínimo de 10 g.

El ensayo de Difracción de Rayos X

La Difracción de Rayos X es una técnica analítica que permite la obtención de espectros de difracción con excepcional resolución. Esta información puede ser utilizada para determinar, en una amplia gama de



Figura 4
Muestra de mortero del puente de Barbadillo del Mercado (Burgos)

materiales, mediante el método de análisis de perfil de Rietveld, la estructura cristalina, la existencia de textura, tensiones residuales, fatiga, etc. Además dicha información es indispensable para posteriores estudios mediante técnicas de haces de neutrones y radiación sincrotrón.

En equipo de laboratorio utilizado para efectuar este ensayo, permite obtener espectros de difracción con excepcional resolución. Puede obtener diagramas de difracción I-2 en el rango angular (1º-164º), realizar barridos en ángulos más pequeños para el estudio de espesores de láminas delgadas, y termodifractogramas desde 20º C hasta 1.600º C. Su resolución angular es tal, que la anchura total a mitad de altura es de 0,04º en el Si (111).

La preparación de las muestras, cuyo tamaño ha de ser de 2 g, requiere, en primer lugar, su molienda, segundo tamizado, y tercero montaje del portamuestras.

Resultados obtenidos e interpretación de los mismos

Resultados del ensayo de Fluorescencia de Rayos X

Tal y como ya hemos indicado, el ensayo de fluorescencia de Rayos X permite identificar la presencia de los óxidos mayores presentes en una muestra, así como la presencia de elementos traza, que en principio pueden ser cualesquiera de los del sistema periódico.

Efectuado el ensayo en cada una de las muestras tomadas que se consideraban susceptibles de ser sometidas al mismo, se han obtenido los resultados que aparecen el Tabla 3.

En relación con los resultados de este ensayo, se ha realizado para las muestras más interesantes y cuyos resultados eran menos dispersos, una comparación de sus índices de hidraulicidad (relación entre

PUENTE	SIGLO	MUESTRA	% PRESENCIA DE ÓXIDOS											
			SiO2	CaO	Al2O3	Fe2O3	MgO	MnO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	SO3	L.O.I.
Palenzuela	XVI	01.01	28,45	32,50	1,07	0,49	1,49	0,01	0,10	0,08	0,07	0,04	0,00	34,80
Peral de Arlanza	XVI	02.01	56,93	16,79	4,27	1,59	1,09	0,03	0,23	1,12	0,29	0,11	0,00	17,28
Escuderos	XVI	03.01	49,38	24,50	2,20	0,76	0,49	0,02	0,11	0,70	0,22	0,05	0,00	21,50
Escuderos	XVI	03.02	49,79	23,80	2,51	0,81	0,44	0,02	0,12	0,78	0,24	0,05	0,07	20,54
Talamanca	XVI	04.01	63,51	17,10	2,24	0,66	0,27	0,02	0,11	0,65	0,18	0,04	0,00	15,20
Tordómar	X	05.01	63,55	14,61	3,36	1,11	0,36	0,02	0,15	1,00	0,33	0,07	0,00	14,75
Lerma	fXVI	06.02	65,05	10,48	7,58	0,82	0,50	0,03	0,73	3,71	0,17	0,06	0,65	9,58
Lerma	fXVI	06.05	19,02	41,50	1,30	0,59	0,28	0,01	0,09	0,33	0,07	0,05	0,00	35,88
Lerma	fXVI	06.07	80,77	6,39	2,58	1,31	0,32	0,02	0,07	0,65	0,22	0,04	0,00	6,97
Quintanilla del Agua	p.XX	07.01	49,34	20,22	6,71	2,13	0,59	0,04	0,29	1,27	0,33	0,06	0,00	18,85
Quintanilla del Agua	p.XX	07.02	48,52	20,24	6,02	2,43	0,60	0,04	0,33	1,41	0,30	0,07	0,00	19,99
Piélago Negro	XX	10.01	60,48	18,20	2,45	0,92	0,23	0,02	0,23	0,55	0,18	0,03	0,00	15,90
Barbadillo del Mercado	fXIII	12.01	58,56	19,65	1,60	0,92	0,18	0,02	0,08	0,54	0,16	0,05	0,00	18,23
Salas de los Infantes	XIX	13.01	53,88	18,25	2,39	1,30	0,43	0,03	0,42	0,23	0,21	0,07	0,00	21,93
Castrovido	XII	14.01	34,27	31,37	2,33	0,89	1,21	0,03	0,12	0,43	0,22	0,07	0,00	28,49
Palacios de la Sierra	XIII	16.01	69,16	12,05	2,70	1,46	0,42	0,07	0,11	0,58	0,20	0,05	0,00	12,84

Tabla 3
Resultados del ensayo de fluorescencia de Rayos X

PUENTE	SIGLO	MUESTRA	HIDRAULICIDAD	
			MÓDULO	ÍNDICE
Escuderos	XVI	03.01	0,49	2,03
Escuderos	XVI	03.02	0,47	2,11
Quintanilla del Agua	p.XX	07.02	0,40	2,52
Quintanilla del Agua	p.XX	07.01	0,39	2,60
Salas de los Infantes	XIX	13.01	0,34	2,97
Barbadillo del Mercado	f.XIII	12.01	0,34	2,98
Peral de Arlanza	XVI	02.01	0,31	3,26
Piélago Negro	XX	10.01	0,30	3,32
Talamanca	XVI	04.01	0,27	3,66
Tordómar	X	05.01	0,24	4,21
Lerma	f.XVI	06.02	0,21	4,75
Palacios de la Sierra	XIII	16.01	0,18	5,54

Tabla 4
Valores de la hidraulicidad de las muestras ensayadas

los óxidos ácidos y los óxidos básicos), quedando éstos valores reflejados en la Tabla 4. Así mismo, en dicha tabla se incluyen los valores del módulo de hidraulicidad (inverso del índice de hidraulicidad).

En general, se observa una tendencia a que los mayores valores de los índices de hidraulicidad (menores módulos de hidraulicidad), aparecen en las muestras pertenecientes a los puentes más antiguos.

Por ahora, con los resultados cuantitativos obtenidos no se pueden obtener más conclusiones. Se puede aceptar que se valida la técnica de análisis, y se proponen mejoras a la misma. Será preciso aumentar en gran medida el número de muestras y proceder a un estudio estadístico de los resultados.

Decir que para el caso de la fluorescencia de rayos X, no se considera necesaria la determinación de elementos traza, ya que no aporta información especialmente significativa, aumentando de forma considerable la necesidad del tamaño de muestra, y también el coste y tiempo del ensayo.

Resultados del ensayo de Difracción de Rayos X

Par el caso de este ensayo, los datos obtenidos para cada muestra de cada puente, son del tipo de los indicados en la Tabla 5.

Dado que el ensayo muestra cuáles son los compuestos más significativos de cada muestra, permite verificar la presencia de óxidos de calcio y de silicio, en todas ellas, tal y como era de esperar. Se observan también otros componentes menores cuya significación sólo podrá ser valorada adecuadamente con una muestra más amplia de datos. En la Tabla 6 pueden apreciarse, representados en forma de matriz, cuáles son los componentes más significativos que forman parte de la composición de cada muestra.

Resumen y conclusiones

El análisis de los morteros en las fábricas de puentes es una técnica novedosa que proporciona información valiosa en sí misma, y que permite conocer su composición, así como comparar diversas muestras,

Sample Identification	01-01 Palenzuela (Palencia)
Start Position [°2Th.]	5,0100
End Position [°2Th.]	79,9900
Step Size [°2Th.]	0,0200

Ref. Code	Compound Name	Chemical Formula	Displacement [°2Th.]
00-005-0586	Calcite, syn	Ca C O3	0
00-046-1045	Quartz, syn	Si O2	0
00-006-0046	Gypsum	Ca S O4 2 H2 O	0
00-005-0628	Halite, syn	Na Cl	0

Tabla 5
Forma de los resultados del ensayo de difracción de rayos X

PUENTE	SIGLO	MUESTRA	PRESENCIA DE COMPUESTOS MINERALÓGICOS															
			Quartz	Calcite	Calcite, magnesian	Microcline	Albite	Halite	Halite,potassian	Gypsum	Silica	Ankerite	Orthoclase	Muscovite	Muscovite-2\ITM#1\RG	Muscovite-3\ITT\RG	Margarite-2\ITM#1\RG	Lepidolite-3\ITT\RG
Tordómar	X	05.01		X							X				X			
Castrovido	XII	14.01	X	X		X						X					X	
Palacios de la Sierra	XIII	16.01	X	X									X					
Barbadillo del Mercado	f.XIII	12.01		X		X					X							
Palenzuela	XVI	01.01	X	X				X		X								
Peral de Arlanza	XVI	02.01		X		X					X							
Escuderos	XVI	03.01	X	X										X				
Escuderos	XVI	03.02	X	X					X									X
Talamanca	XVI	04.01		X		X					X							
Lerma	f.XVI	06.02	X	X		X	X											
Lerma	f.XVI	06.05	X	X	X													
Lerma	f.XVI	06.07	X	X						X								
Salas de los Infantes	XIX	13.01	X	X	X											X	X	
Quintanilla del Agua	p.XX	07.01	X	X		X												
Quintanilla del Agua	p.XX	07.02	X	X													X	
Piélago Negro	XX	10.01	X	X	X									X				

Tabla 6
Matriz de resultados del ensayo de difracción de rayos X

pudiéndose de este modo ratificar o rebatir teorías generalizadas, pero poco contratadas, sobre la evolución de los morteros a lo largo del tiempo.

No cabe duda de que para una adecuada validación del método de datación, será necesario disponer de una gran base de datos de muestras de morteros ensayadas previamente y datadas de una forma fiable, que hará las veces de patrón de comparación, y de la cual, la que aquí se presenta es un embrión que puede servir de ejemplo e inicio. Obviamente, deberán ser tenidas en cuenta en esa base de datos, las particularidades espaciales y temporales que afectarán al conjunto de puentes de los cuáles se extraerán las muestras de mortero, así como las diferentes tipologías estructurales a analizar.

Con esa base de datos amplia, se podrá obtener información, no sólo de los orígenes de un puente, sino también de posibles intervenciones posteriores en diferentes zonas.

Uno de los aspectos clave a perfeccionar es la toma de muestras, prestando especial atención a la herramienta. Se sugiere la mejora con métodos de raspado con pequeñas rotaflex, y pequeñas brocas. Así mismo para ampliar las tomas de muestras no queda más remedio que recurrir a métodos imaginativos basados en técnicas de trabajo en vertical con todas las medidas de seguridad necesarias y acceso desde el cauce del río.

También es fundamental identificar con toda exactitud el punto en el que se ha realizado la muestra, ya que en un mismo puente podemos encontrarnos con diversas zonas de edades diferentes.

Respecto a las técnicas de análisis estudiadas, decir que ambas técnicas se consideran adecuadas. Aunque ha sido posible extraer someras conclusiones del estudio de los morteros, en parte debido a la limitación de medios, tenemos razones fundadas para pensar que profundizar en el estudio de este criterio, permitirá poner a punto en el futuro, técnicas de datación precisas, rápidas y eficaces. En cualquier caso, es estos momentos esta línea de investigación se encuentra abierta, haciéndose extensiva a puentes de

otras cuencas, a fin de poder extraer conclusiones que a medio plazo podrán ser consideradas más concluyentes.

Para finalizar, indicar que la técnica de ensayos aquí expuesta es absolutamente extrapolable a los morteros de edificación, lo que indudablemente incrementa el interés que puede despertar la técnica de datación expuesta, al hacerse extensiva a una parte importante del patrimonio arquitectónico de fábrica.

Bibliografía

Adam, J. P. 1996. *La construcción romana. Materiales y técnicas*. León: Editorial de los Oficios.

Aramburu Zabala Higuera, M. A. 1992. *La arquitectura de puentes en Castilla y León. 1575–1650*. Valladolid: Consejería de Cultura y Turismo de la Junta de Castilla y León.

Cadiñanos Bardeci, I. 1996. *Los puentes del sur de la provincia de Burgos durante la edad moderna*. Aranda de Duero, Burgos: Ayuntamiento de Aranda de Duero.

Cadiñanos Bardeci, I. 1999. *Los puentes del centro de la provincia de Burgos durante la edad moderna*. Burgos: Excma. Diputación Provincial de Burgos.

Gaspar Tébar, D. 2003. *Morteros para albañilería*. Madrid: Asociación Nacional Española de Fabricantes de Hormigón Preparado.

González Tascón, I. e I. Velázquez. 2004. *Ingeniería romana en Hispania. Historia y técnicas constructivas*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

Rabasa Díaz, E. 2000. *Forma y construcción en piedra: de la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal.

Steinman, D. B. y S. R Warson. 1979. *Puentes y sus constructores*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Yáñez Hernández, M. A. *et al.* 2000. *Jornada sobre puentes de bóvedas de fábrica*. Madrid: Ministerio de Fomento, Dirección General de Carreteras.

Cáscaras autoportantes de directriz catenaria sin tímpanos en cerámica armada

Ana M. Marín Palma

Una teoría nace para dar forma a una intuición o para comprender un hecho no explicado. Al principio burda, se va precisando y enriqueciendo, ganando en generalidad, hasta llegar a una forma en que sus orígenes, generalmente humildes, se olvidan, y sus consecuencias aparecen así como independientes de todos los supuestos, tácitos, o en su momento expresos, presentes en el proceso que le dio nacimiento. Éste ha sido el caso de las cáscaras (Dieste 1983).

La primera bóveda autoportante con directriz catenaria sin tímpanos en cerámica armada la podemos fechar en 1945, cuando el ingeniero Eladio Dieste[1] le propone al arquitecto Antonio Bonet[2] que la cubrición que tenía proyectada para la casa Berlinghieri en Punta Ballena, Uruguay, en lugar de realizarla como una cáscara de hormigón armado lo haga en ladrillo (fig. 1).

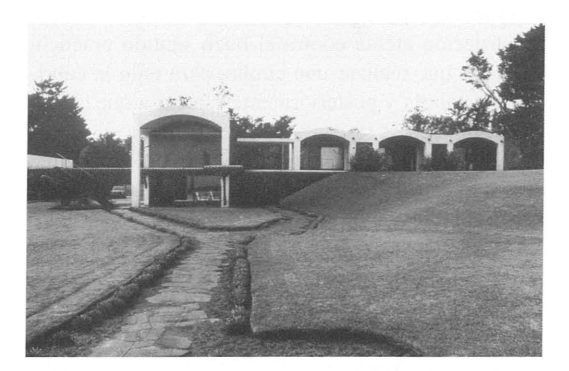


Figura 1
Vista de la casa Berlinghieri (Patrimonio Uruguay)

Su ejecución está explicada detalladamente en el artículo Bóveda nervada de ladrillos de espejo, Revista de Ingeniería de Montevideo, en 1947, en donde el ingeniero indica las características constructivas y estructurales de la bóveda realizada para la casa, así como la aplicación de esta novedosa técnica en dos cáscaras más (fig. 2).

Según este articulo, para la casa Berlinghieri, se realizaron bóvedas de 6 m de luz, con la forma de una catenaria, de flecha 1/6 de la luz, de una sola hoja de ladrillo puesto de plano, que arma con alambres de 4 mm entre las juntas de mortero que van entre ladrillo y ladrillo siendo estas de 2 cm de espesor, o sea, arma cada 25 cm aproximadamente, y en el sentido de la directriz de la superficie. Indicar que el espesor de la cáscara sería el grueso del ladrillo, es decir 5,5 cm, estando hasta aquí resuelta la parte estructural de la bóveda, pero por decisión del arquitecto se termina todo el conjunto con un ladrillo puesto de canto, con el fin de dejar una cámara de aire de unos 12 cm de espesor, para aislar la vivienda térmicamente, apoyando sobre estos tabiquillos el acabado de la bóveda, un ladrillo de 3 cm de espesor.

Como medio auxiliar utiliza una pequeña cimbra móvil, de 1,50 m de longitud, que traslada manualmente todos los días, pues al ser el único mortero existente el de la juntas, éste tira enseguida, pudiéndose de esta manera desencofrar en cuestión de horas. Esto le obliga a que desde el proyecto se tenga

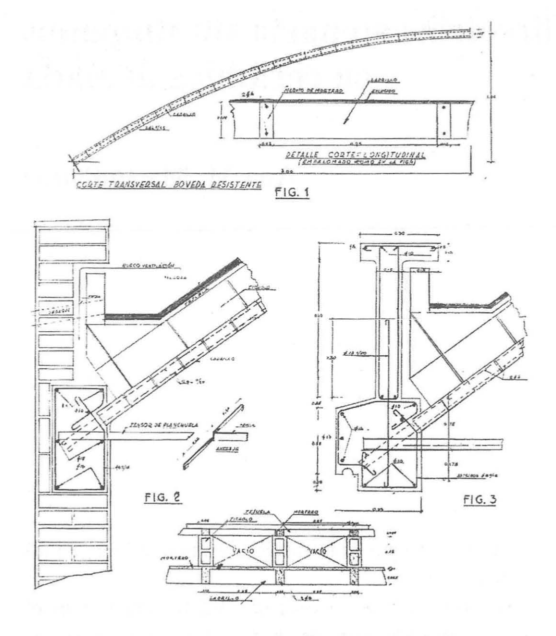


Figura 2
Detalles estructurales de la bóveda en cerámica armada de la casa Berlinghieri, que se publica en la Revista de Ingeniería de Montevideo en septiembre de 1947 (Tomlow 2001)

que calcular como se va a realizar el traslado y, como va a resistir la estructura abovedada en todas y cada una de las posiciones intermedias, debiendo su sección, estar proyectada junto con la cimbra.

En el mismo articulo de la Revista de Ingeniería, describe que ya ha realizado con la misma técnica una segunda bóveda, pero salvando una luz entre ejes de muros de 10,50 m, y que para ello solo necesitó aumentar la armadura. La directriz sigue siendo una catenaria de flecha 1/6 de la luz. El espesor de las juntas de mortero es de 3 cm de espesor, embebiendo dos hierros de diámetro 6 mm por cada ladrillo, es decir, cada 25 cm aproximadamente, en el sentido de la directriz y, un hierro de diámetro 6 mm cada dos ladrillos (aproximadamente 25 cm) en sentido longitudinal. Todo lo acaba con un enlucido de mortero de 1 cm de espesor. Coloca tensores, de 1 ˇ 8 cm, cada 5 m, siendo la carrera de descarga de 50 cm de altura por 35 cm de ancho.

El hecho de que pueda aumentar la luz de las bóvedas, aumentando la armadura, le lleva a que proyecte con la misma técnica una bóveda de 12 m de luz y 6 m de longitud, indicándonoslo en este mismo artículo. Esto que describe en la revista es muy relevante dentro de la obra de Dieste y, es que el ingeniero utiliza las obras construidas como modelos a escala real, pudiendo de esta manera avanzar rápidamente y conseguir grandes logros estructurales, al cubrir luces cada vez más grandes con el mínimo material posible.

Estudiada toda la producción posterior de Dieste observamos que todos los temas emergentes de su pensamiento aparecen ya en esta obra desarrollándoles. A continuación expongo el sistema para pasar a enunciar cronológicamente las principales obras construidas con esta tipología abovedada.

Exposición del sistema

La elección de la forma de una catenaria como directriz de las curvas de sus bóvedas, la colocación del ladrillo a tabla, la instalación de una pequeña armadura entre las juntas de mortero de los ladrillos y la utilizando de un pequeño encofrado móvil, hacen posible la construcción de este tipo de bóvedas, realizándose de una sola manera: como una finísima cáscara de ladrillo continua.

Lo que busca es librarse de la sujeción de las obras auxiliares, de las instalaciones provisionales y de una mano de obra especializada, encontrando en el nuevo material una economía de medios, que él denomina economía cósmica, que hacen factible su idea de crear grandes cáscaras hechas en ladrillo que graviten en el aire.

Sabe que la instalación de encofrados en toda construcción atenta contra el buen sentido practico, pues hay que realizar una cimbra para todo la cubrición, instalarla y posteriormente esperar a que el material adquiera la resistencia necesaria para su desencofrado, así que como el mortero es el único material que tiene que endurecer y éste está, para el conjunto de toda la bóveda, en proporción muy pequeña, resulta que se puede utilizar sólo un molde por cada bóveda, pudiéndose trasladar según se van consiguiendo la resistencia necesaria, o sea horas, consiguiéndose de esta manera atenuar al máximo posible las obras auxiliares, pero también que todas las cuadrillas estén siempre ocupadas, no existiendo paros temporales en ellas.

Proceso constructivo

El concepto esencial de la forma de construir una bóveda de este tipo en cerámica armada es la siguiente:

1. Realización de los elementos en los que se van a apoyar las bóvedas, empezando por los soportes (pilares) de los extremos de los valles y terminando por los soportes (pilares, contrafuertes, pared) que absorberán los empujes de las losas extremas.
2. Apuntalamiento vertical de las losas horizontales más extremas, es decir, las laterales. En algún caso es conveniente apuntalar también esta losa horizontalmente mientras dura la construcción para disminuir las flexiones durante este periodo transitorio.
3. Apuntalamiento de los valles de las bóvedas.
4. Ejecución de las vigas-losas extremas capaces de resistir durante la construcción la componente horizontal de los empujes y terminada la construcción los esfuerzos necesarios para fijar en el espacio las aristas extremas. El peso de estas vigas losas es resistido durante la construcción por el apuntalamiento y por los propios elementos de suportación (si los hubiera) y posteriormente por los elementos de soportación y por la bóveda misma.
5. Utilización de una cimbra móvil, de pequeña longitud. Su longitud variará entre los 3,00 a los 5,50 m, de manera que acabada la jornada, la franja de bóveda definida debe quedar terminada completamente para que a la mañana siguiente se pueda descimbrar y comenzar nuevamente la rutina de trabajo. Dado que en este tipo de bóvedas la luz importante es la de la generatriz y no la de las transversales, que suelen resultar reducidas, la cimbra realizada resulta bastante sencilla de proyectar, de manejo muy sencillo, solo ha de deslizarse según la generatriz longitudinal, y muy económica respecto al cómputo total de la obra.
6. Colocación de los ladrillos en retícula sobre el encofrado plano (losa extrema y valle) y posteriormente sobre la cimbra de madera, introducción de parte del mortero de las juntas, teniendo éstas un ancho aproximadamente de unos 2 cm, colocación de la armadura necesaria (dada por el calculo) que ha de ir entre las juntas, estamos hablando de diámetros de unos 6 mm y terminación cuidadosa del resto de mortero de las juntas, de manera que abrace completamente a la armadura.
7. Dado que el fraguado de todo el conjunto es muy rápido se puede descimbrar en cuestión de horas —se comprueba la resistencia *in situ* del mortero—, bajándose el molde mediante unos gatos y trasladando éste según la generatriz de la bóveda, hasta la nueva posición de encofrado. En este momento el ritmo de trabajo se vuelve continuo estando todas las cuadrillas ocupadas, pues se ha de comenzar una nueva franja de bóveda.
8. Si lleva cables atirantados que cruzan las bóvedas, se realizan en este momento.
9. Como al desencofrar, el mortero de la juntas aún es manejable se puede retocar muy fácilmente, permitiendo un acabado de gran calidad.
10. Terminación del suelo de la construcción según se va corriendo el molde así como del resto de la construcción.
11. Antes de quitar el apuntalamiento de las losas planas, se termina la bóveda con una fina capa de mortero, que tendrá un espesor de entre 2,00 a 2,50 cm, armada mediante una malla electrosoldada (aproximadamente de diámetro 4,2 mm, cada 15 cm) a fin de evitar la fisuración por retracción. También se colocara la eventual armadura adicional para el cortante y la que se ha de anclar los extremos de los cables de precomprimido si va a llevar, y se realiza el postensionado.
12. La terminación final variará según lo decidido en proyecto, pudiéndose pintar simplemente el enlucido (pintura a la cal color blanco), o acabarla colocando un ladrillo de grueso 3 cm.
13. Una vez terminada la bóveda se retiraban todos los apuntalamientos quedando la estructura trabajando como una bóveda autoportante (figs. 3 y 4).

Obras

En 1962 con el pretexto de construir su propia vivienda[3] (Punta Gorda, Montevideo) es cuando vuelve

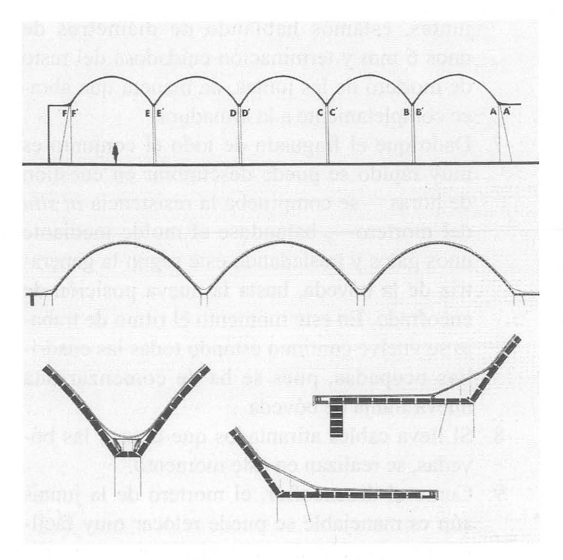


Figura 3
Detalles constructivos de las cáscaras autoportantes (Dieste 1987)

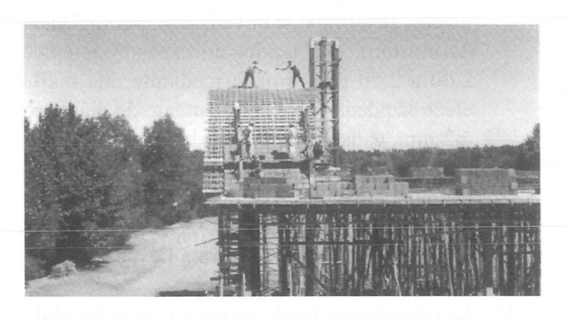


Figura 4
Proceso de ejecución de la cáscara autoportante del Club de Remeros de Salto. Archivo Eladio Dieste



Figura 5
Bóveda autoportante calada en la casa Dieste. Es en su casa donde por primera vez se ejecutan este tipo de bóvedas (Patrimonio Uruguay)

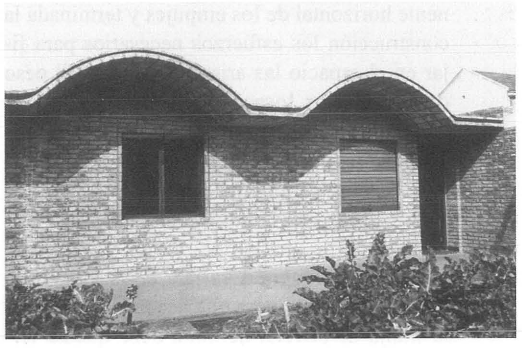


Figura 6
Parte posterior de la casa Dieste (Patrimonio Uruguay)

a retomar las posibilidades de las bóvedas autoportantes en el ámbito domestico. En mente tiene la bóveda utilizada para la casa Berlinghieri, pero a diferencia de aquella, esta se muestra tal y como es, es decir, una finísima lamina sin enmascaramientos ni prejuicios constructivos (figs. 5 y 6), toda lo que se nos muestra es estructura, y lo que no lo es también nos lo indica claramente. La sección, que cubre luces entre los 4,50 m a los 6,00 m, se compone de una hoja de ladrillo, de 5,50 cm de espesor, que arma en las dos direcciones, y sobre ésta una fina capa de mortero de 2,00 cm en el que deja embebida una malla electrosoldada para evitar las fisuras de retracción. Perfectamente separada de esta capa y como acabado final coloca un ladrillo de tres centímetros de espesor, una tejuela. El espesor del conjunto no sobrepasa los 10,00 cm (fig. 7).

En 1963 publica su primer artículo teórico sobre el tema y proyectará el edificio Autopalace,[4] Montevideo. Se trata de un conjunto de seis bóvedas con una luz transversal de 9,34 m, una flecha de 2,70 m y una

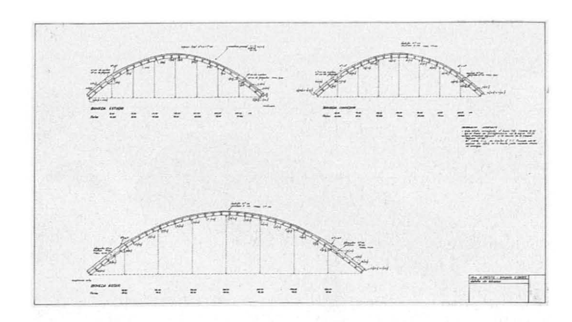


Figura 7
Secciones constructivas y estructurales de la casa Dieste (Archivo Dieste)

altura libre desde el suelo al valle de 3,85 m. La distancia entre apoyos longitudinales varía entre los 26,00 y los 28,00 m. El espesor de la bóveda es de 14,50 cm de espesor y la superficie total del conjunto es de 3.000 m^2, estribando la singularidad en los huecos practicados tanto en la losa de la marquesina de la entrada como en las bóvedas interiores, consiguiendo esto mediante un armado de refuerzo, al igual que había utilizado en la bóveda calada de la zona de la entrada de su casa.

En 1965 se le encarga la construcción del conjunto parroquial Nuestra Señora de Lourdes[5] en Malvín, proyecto formado por una iglesia y la casa parroquial. El conjunto se queda sin finalizar construyéndose solamente parte del prebisterio y la casa parroquial. Para cubrir la edificación utiliza una batería de cinco bóvedas autoportantes en las cuales hay parte de la generatriz que está dentro de la casa, siendo ésta continuas, y los extremos que corresponden con la terraza, están caladas.[6] Las bóvedas se apoyan en los muros interiores de la casa y en pilares extremos. Tienen una luz transversal de 3,24 m y una flecha de 0,70 m.

Al final de la década de los años 60 el gobierno brasileño lanza un gran programa de construcción de mercados en todas las ciudades del país, unido al propósito de incrementar la producción agrícola que habría de abastecer a los mercados. En Porto Alegre el proyecto urbanístico y arquitectónico de la gran área del mercado se le encomienda a dos arquitectos: Maximiliano Fayet y Claudio Araujo, que llaman al estudio de Dieste, en 1968, para que colabore en el proyecto de las cubiertas del Centro de Abastecimiento, S.A. (CEASA).[7]

Los edificios en que intervienen utilizando esta tipología abovedada fueron: el Pabellón de productores, una nave de de 47,00 × 280,00 m en la que en las bóvedas introduce lucernarios, que cubre una luz transversal de 13,00 m El espesor de la bóveda es de 7,50 cm de los que 5,00 cm son de ladrillo. Los Pabellones de comerciantes y el pórtico de entrada, que es una batería de bóvedas autoportantes en doble volado con una sola fila de pilares en el centro.[8]

En 1971 es de destacar los Hangares del centro de mantenimiento del metro,9 Río de Janeiro, en donde la participación es sólo a nivel de proyecto, no interviniendo en su construcción. Dieste diseña una serie de baterías de bóvedas autoportantes, combinando luces de 20,00 y 23,00 m, que van colocadas a distinta altura, con el fin de permitir una iluminación natural dentro de las naves, siendo la superficie cubierta de 52.000 m^2.

En 1973 realiza la estación de autobuses10 de Salto, se trata de una serie de siete bóvedas apoyadas solo en un pilar central, estando pues en voladizo 12,88 m, la luz trasversal es de 5,75 m de luz y 1,94 de flecha, siendo de destacar que las bóvedas extremas en lugar de terminarse en una losa volada, lo hacen en una generatriz y en una viga precomprimida muy esbelta, cerrándose con una gran L. Se decide por esta solución mas difícil de calcular y menos económica porque quiere limitar el espacio, no dejando que éste fluya (figs. 8 y 9).

En 1976 construye la estación de servicio Barbieri y Leggire,11 en Salto, con unos ladrillos que le habían sobrado de otra obra. Se trata de un cobertizo en



Figura 8
Vista general de la estación en Salto (Conserjería 1996)

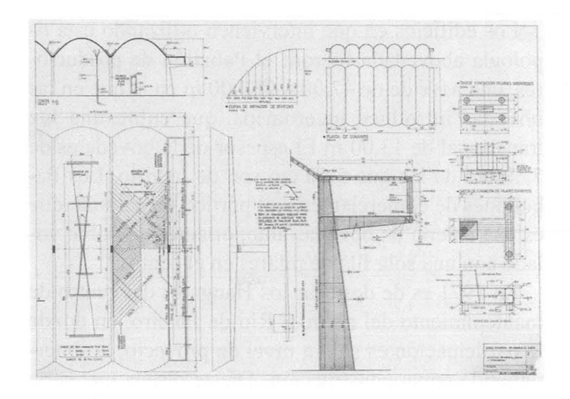


Figura 9
Plano de detalles constructivos y estructurales de la estación de autobuses en Salto (Archivo Dieste)

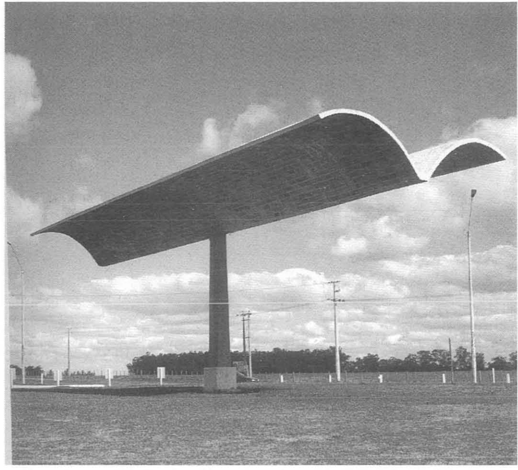


Figura 10
Monumento en honor a Eladio Dieste en Salto (Conserjería 1996)

que la sección transversal es una doble ménsula, las bóvedas de 2,80 m de luz transversal, se apoyan en un pilar central dejando 8,76 m en voladizo por cada uno de sus lados. Actualmente se ha convertido en un monumento en honor a Dieste en un icono de entrada a la ciudad (fig. 10).

En 1976 se le llama para colaborar en el proyecto de la Agroindustria Massaro,12 Canelones, combinando diversas tipologías abovedadas, parte de la superficie esta cubierta por bóvedas gausas y parte por autoportantes, desarrollando con estás volados longitudinales de hasta 12,70 m. El espesor de la cáscara es 10 cm, de los que 7,3 cm son de ladrillo hueco, siendo importante señalar este hecho, pues hasta ahora todas las construcciones que hemos detallado la estructura abovedada se ha realizado con ladrillos macizos de 5,0 y 5,5 cm de grueso.

Y este mismo año proyecta también la fábrica para Refrescos del Norte S.A.,13 en Salto, se trata de dos conjuntos de bóvedas de luz transversal de 12,70 m con flecha de 3,75 m y luz transversal de 5,50 m con 1,75 m de flecha.

En 1978 realiza el pabellón de deportes en el club Remeros14 de Salto, se trata de bóvedas autoportantes de luz transversal de 16,00 m y 5,25 m de flecha, siendo lo característico de esta construcción que se apoyan en paredes de superficie reglada.

El proyecto del Montevideo Shopping Center15 les fue encargado a los arquitectos Gómez Platero, López Rey y Che, quienes llaman al estudio de Dieste para que les proyecte las fachadas, pero éste además de las paredes les cambia la cubrición. Realiza tres bóvedas, las laterales dos bóvedas laterales autoportantes de 8 m de luz transversal y 1,42 m de flecha, y la central una bóveda gausa discontinua, de 10,00 m de luz y 2,21 m de flecha.

En 1993 Eladio Dieste viene a Alcalá de Henares para dirigir el taller de Molina de Aragón para la V Conferencia Internacional sobre Conservación de Centros Históricos y Patrimonio Edificado Iberoamericano,[16] a raíz de aquí se le encarga el proyecto de El Camino de Estudiantes en el Campus de la Universidad de Alcalá.

Se trata de proyectar una sencilla bóveda que cubra El Camino que los propios estudiantes han creado con sus pasos, una bóveda que gravite en el aire, que se pierda con el paisaje, que apenas se sienta su cobertura pero que nos proteja del sol y de la lluvia. Nuevamente trata de ofrecernos algo novedoso y no ideado hasta el momento, así que crea una única bóveda con una forma que conoce y domina, la catenaria. Una bóveda autoportante sin tímpanos con un diámetro de 6,00 m, y una longitud de 30,00 m que solo corta con un par de pilares en el centro, dejando pues un vuelo libre de 15,00 m por cada lado, para que todo sea ligereza y, así hasta cincuenta y dos unidades independientes que va colocando una tras otra, a distintas alturas.

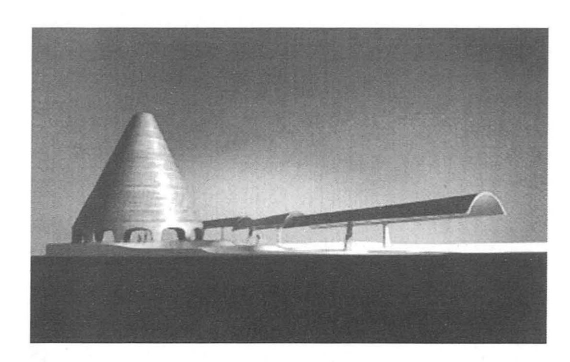


Figura 11
Relación entre los conos y las bóvedas. Maqueta realizada por la Universidad de Alcalá

En el trayecto estratégicamente va situando unos grandes conos (fig. 11) de diámetro 25,00 m y altura 20,00 m que debían de servir de zona de descanso.

Notas

1. Eladio Dieste Saint Martín (Artigas 1917–Montevideo 2000).
2. Antonio Bonet Castellana (Barcelona 1913–1989).
3. Fecha proyecto: 1959–60. Fecha construcción: octubre 1961–abril 63.
4. Fecha construcción: 1964.
5. Fecha proyecto: 1965–66. Fecha construcción casa parroquial: 1966–68.
6. La zona de la terraza las cubre con bóvedas autoportantes caladas a igual que ya había realizado para su casa. Nuevamente observamos como utiliza las construcciones anteriores como modelos de partida para realizar las nuevas propuestas.
7. Fecha proyecto: 1968–69. Fecha construcción: 1969–72.
8. Como resultado de esta obra, construyen varias centrales más de abastecimiento en Curitiba (CEASA, para la Central de Abastecimiento de Paraná, mayo 1972–febrero 1976, Nelson Andrade, Joâo Rodolfo Stroeter y asociados, arquitectos diseñadores, 33.320 m^2 cubiertos con bóvedas de doble curvatura), la de Goiania (CEASA, para el Ministerio de Agricultura, 1972–1976, Carlos M Fayet y Claudio Araujo, arquitectos, 23.000 m^2 cubiertos con bóvedas de doble curvatura) y la de Rió de Janeiro (C.E.A.S.A., para el Ministerio de Agricultura, 1973, Carlos M Fayet y Claudio Araujo, arquitectos, 150.000 m^2 cubiertos con bóvedas de doble curvatura de 7,00 m de luz transversal y 35,00 m de luz longitudinal), pero la de Porto Alegre es la que Dieste considera la de mayor nivel arquitectónico y, aquella en la que la colaboración con un grupo ajeno al estudio fue muy de su agrado.
9. Fecha proyecto: 1971. Fecha construcción: 1979.
10. Fecha proyecto: 1971. Fecha construcción: 1973–74.
11. Fecha proyecto: 1975–76. Fecha construcción: 1976.
12. Fecha proyecto: 1976–78. Fecha construcción: 1979–80.
13. Fecha proyecto: 1976–77 Fecha construcción: 1977–80.
14. Fecha proyecto: 1978 Fecha construcción: 1979–80.
15. Fase I: Fecha proyecto: 1983. Fecha obra: 1984–85. Fase II: Fecha proyecto: 1983. Fecha construcción: 1988.
16. Del que fui su profesor ayudante.

Lista de referencias

Bonta, Juan Pablo. 1963. *Eladio Dieste*. Buenos Aires: Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas.

Conserjería de Obras Públicas y Transportes, Dirección General de Arquitectura y Vivienda. 1996. *Eladio Dieste, 1943–1996*. Sevilla: Departamento de Publicaciones Junta de Andalucía.

Daguerre, Mercedes. 2003. *Eladio Dieste 1917–2000*. Electa Mondadori.

Dieste, Eladio. 1985a. *Cáscaras autoportantes de directriz catenaria sin tímpanos*. Uruguay: Ediciones de la Banda Oriental S.R.L..

Dieste, Eladio. 1985b. *Pandeo de las láminas de doble curvatura*. Uruguay: Ediciones de la Banda Oriental S.R.L..

Dieste, Eladio. 1987. *La estructura cerámica*. Colombia: Colección Somo Sur. Escala.

Marín Palma, A. M 2000. *Eladio Dieste, el arte de construir en ladrillo*. Sevilla.

Marín Palma, A. M y Trallero Sanz, A. M 2005. «El nacimiento de la cerámica armada». En *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Cádiz.

Tomlow, Jos. 2001. «La bóveda tabicada a la catalana y el nacimiento de la cerámica armada en Uruguay». En S. Huerta (ed.). 2001. *Las bóvedas de Guastavino en América*. Libro del catálogo de la exposición, 187–200. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Sitios web: http://www.patrimoniouruguay.netobra.

Métodos de dimensionado y ejecución de chimeneas fabriles de ladrillo durante el siglo XIX

Rafael Marín Sánchez
Fernando Benavent Ávila

Hace aproximadamente siete años iniciamos unos trabajos de campo orientados a profundizar en el conocimiento y puesta en valor de las interesantes muestras de arquitectura industrial esparcidas por lo que otrora fue la fértil huerta valenciana. Lentamente esta investigación fue cristalizando en un catálogo de patrones de construcción gracias a la generosa colaboración de varios alumnos que contribuyeron a la misma desarrollando aspectos puntuales como Trabajo Final de Carrera. En el caso que nos ocupa, debemos agradecer encarecidamente sus aportaciones a Maria José Castelló Carrera, Maria del Carmen Eres Costa, Gloria Lorente Mut y Juan Francisco Siles Conejo, autores del catálogo de chimeneas y hornos de rajolars existentes en l'horta nord y sud de Valencia que sirvió de arranque a este estudio. También ha resultado clave la inestimable ayuda prestada por Abelardo Martínez, artífice material junto con su padre y abuelo, de un buen número de los ejemplos inventariados, el cual, ha proporcionado buena parte de los datos relativos al proceso de dimensionado y ejecución.

Con esta publicación se pretende contribuir a poner en valor tan singulares elementos y reivindicar mayor atención hacia una interesante muestra de nuestro patrimonio construido. Somos herederos de los bienes que el tiempo y el saber han conservado durante el transcurso de los siglos y, de esta manera, nos convertimos también en testigos directos, en los responsables últimos de preservar nuestro patrimonio. Estamos obligados a salvaguardar y transmitir nuestro significado histórico-social, como primigenia justificación de su conservación.

Hoy por hoy, la vorágine constructora, con los complejos procesos económicos que la envuelven, unida a la indudable falta de sensibilidad que lleva habitualmente aparejada la ignorancia relega al más profundo ostracismo a muchas de estas preexistencias que son tratadas más como un obstáculo que como un retazo de historia. Las ejemplares y respetuosas reconversiones llevadas a cabo en otras ciudades europeas y americanas sobre muchos espacios fabriles han tenido escasísimo reflejo en nuestro país, donde el crecimiento alocado de los núcleos urbanos está creando tensiones y contradicciones insostenibles entre lo viejo y lo nuevo.

Si, como suele decirse, medir es saber y lo demás es opinar, entendemos que, en buena medida, la comprensión de los singulares métodos de construcción empleados y las particulares dificultades técnicas vencidas durante la ejecución de las atrevidas chimeneas de ladrillo pueden servir para revindicar el lugar que les corresponde dentro del espacio urbano del que una vez fueron parte tan significativa como las cúpulas clasicistas o las torres vigía medievales.

Justificación funcional y formal

Se denomina chimenea fabril o de humos a un conducto para la evacuación de gases cuya aparición se

sitúa a mediados del siglo XIX con la incorporación a la producción industrial de la energía procedente de la máquina de vapor, que reemplazó a la hidráulica. Aunque en su origen estuvo ligada casi exclusivamente a la extracción de vapor de agua, más adelante llegaron a construirse con diversos cometidos: ventilación de locales, evacuación de gases particularmente tóxicos de hornos, etc. En el paisaje rural valenciano todavía es posible encontrar algunos ejemplos destinados al escape de los humos de motores instalados en pozos de extracción de agua, otros ligados a la industria alimentaria y, en menor medida, a la maderera, si bien, con mucha diferencia el mayor número de ejemplos estaba orientado a la fabricación de ladrillos.

Su cometido en el ámbito funcional es relativamente sencillo, pero de vital importancia. La chimenea, por su longitud y características geométricas, provoca una depresión en la parte inferior de su fuste que se traduce en un efecto de succión o tiro generando la formación de una corriente de aire que contribuye al adecuado desarrollo del proceso de combustión del material empleado como fuente de calor. Para garantizar el adecuado cumplimiento de este cometido, la altura y la sección transversal de una chimenea, tienen que determinarse de manera precisa. A tal efecto es necesario considerar la influencia del aire frío de la atmósfera sobre la corriente de aire caliente que se habrá de evacuar y el progresivo enfriamiento de los gases durante el tránsito por el interior del fumeral,[1] lo que provoca una disminución del volumen de éstos. Por este motivo, la sección interior del conducto debe disminuir paulatinamente hacia la boca de salida para preservar una corriente ascendente suficientemente viva que venza el empuje de las masas superiores de aire más frío.

A la vista del inventario realizado es fácil constatar la evolución formal experimentada por las chimeneas a través del tiempo. Por su mayor simplicidad de ejecución, los primeros ejemplos adoptaron aspecto de pirámide truncada, con sección cuadrada o rectangular y, por lo general, estaban adosadas a las construcciones adonde daban servicio. Cuando, por requerimientos funcionales, su altura alcanzó cotas superiores a veinticinco metros, comenzaron a construirse aisladas del resto de edificaciones para evitar movimientos diferenciales y asientos. Asimismo, de manera progresiva, se fue consolidando el tipo de fuste troncocónico, con sección circular, por su mejor comportamiento frente a los esfuerzos de viento pues, como sabemos, su superficie exterior ofrece menor resistencia al empuje. Ello se tradujo en una variación casi imperceptible de su coronación frente a los nada despreciables movimientos vibratorios que sufrían los modelos poligonales.[2] Este tipo gozó de gran presencia durante la segunda mitad del siglo XIX y primera del XX, conviviendo en sus últimas etapas con variantes más ornamentadas de base rectangular y fuste de sección octogonal rematadas por una tulipa con detalles de friso o arcadas en su coronación. Fruto de esta progresiva complicación formal de los modelos excepcionalmente encontramos, incluso, algunos ejemplos de fuste poligonal torso de singular belleza y enorme dificultad de ejecución.

Todas las chimeneas catalogadas muestran una composición similar, resultado de la agregación de tres cuerpos bien diferenciados: la base, el fuste y la coronación. Éstos, a su vez, presentan similares características técnicas, aunque diferentes tratamientos formales, constituyéndose éste último aspecto y sus variantes combinatorias en el elemento diferenciador que proporciona un notable número de variantes.

La base es el primer cuerpo de la chimenea visible sobre la rasante. La altura total de este elemento oscila entre los 2,00 m. y 2.50 m., pudiendo presentar sus caras o frentes aplomados o inclinados. Arranca con un escalón, sobre el que descansa el gran cuerpo central, rematado por una cornisa que señala el plano de arranque del fuste. En uno de sus frentes existe una puerta de acceso al interior para mantenimiento periódico. Excepcionalmente, esta puerta puede estar situada bajo la rasante.

Sobre el zócalo se eleva el fuste, de sección troncocónica o piramidal, que se corona con un remate más o menos complejo compuesto por boquilla, cordón, cornisa, escanets y portilles. De todos ellos, el fuste es el elemento más singular del conjunto y, en general, su aspecto suele determinar la clasificación tipológica del fumeral.

Los fustes de tipo troncocónico y octogonal son los mas sencillos de construir y también los mas usuales. Por contra, el modelo «torso» ó «helicoidal» y el llamado «salomónico» son mucho mas complejos, aunque estéticamente mas logrados. En su concepción debieron influir poderosamente las modas estéticas del momento y también, evidentemente, las

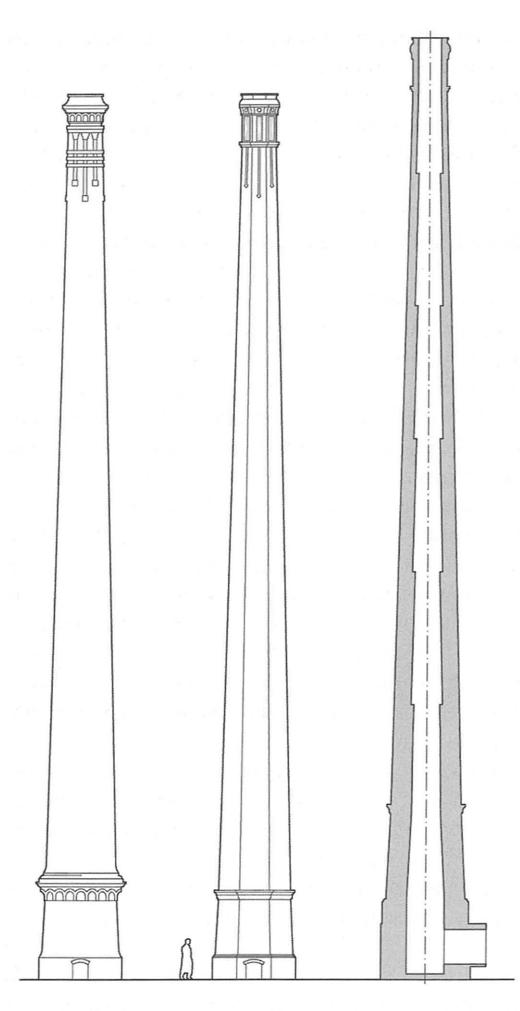


Figura 1
Alzados y sección tipo. Chimeneas de fuste troncocónico y troncopiramidal de sección octogonal

referencias directas a ciertas formas locales de gran calado como los célebres soportes torsos de la Lonja de Valencia.

La coronación de las chimeneas, en principio, tenía un papel eminentemente utilitario que consistía en proteger la fábrica del agua de lluvia. Esta protección consistía, en las construcciones más antiguas, en un simple anillo o moldura cuando el fuste era de forma cónica o un saliente rectangular cuando era de sección poligonal.

Materiales comúnmente empleados

Todas las chimeneas catalogadas fueron construidas con aparejos de ladrillo macizo con formatos y características similares. Los requerimientos de partida unidos a los limitados recursos tecnológicos del periodo, prácticamente abocaron a su ejecución con este material que garantizaba un buen rendimiento frente a la acción del calor, un adecuado asilamiento y un enfriamiento relativamente rápido.

El tamaño usual de las piezas ronda el estándar de 24 × 12 × 4 cms. y los aparejos más utilizados fueron el inglés y el belga con solapes de entre 1/4 y 1/2 de la soga. Para la ejecución de algunos modelos —los de sección octogonal y troncocónica—, fue necesario emplear piezas especiales para componer adecuadamente el aparejo. Concretamente, en los fumerales de fuste troncocónico se empleaban, al menos, tres tipos distintos de piezas con su tabla de un aspecto acuñado. Estos ladrillos especiales se fabricaban siempre por encargo para cada chimenea a partir de una plantilla proporcionada por el constructor, la cual, se obtenía del replanteo previo a escala real de cada una de las secciones transversales tipo del elemento. La primera variante de pieza, que se usaba para componer la cara exterior de la sección, presentaba como principal característica idéntica curvatura en ambas

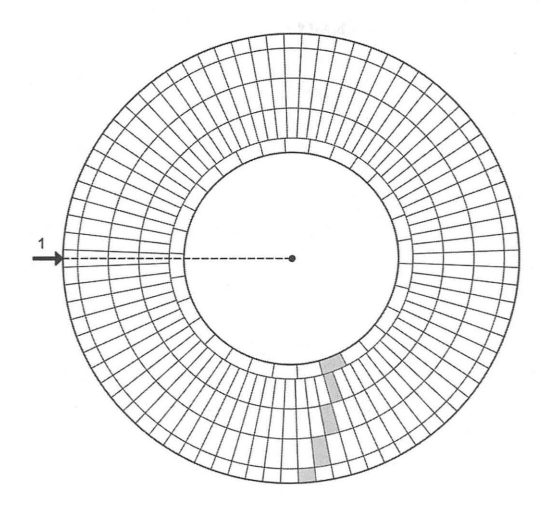


Figura 2
Aparejo de la sección-tipo de una chimenea de fuste troncocónico; marcado de las variantes de piezas empleadas

testas. El segundo tipo de pieza, usado para configurar la sección media del fuste y como relleno del cuerpo inferior, gozaba de curvatura únicamente en la testa que conformaría el paramento exterior. Por último, el tercer tipo de ladrillo, tenía igual dimensión que el primero, pero se duplicaba en la parte más ancha a partir de su eje de simetría; esta última variante se usaba en toda la chimenea, por su parte exterior, partiéndolos por la mitad para obtener así medias piezas con las que realizar la trabazón del aparejo.

En las chimeneas de sección octogonal se empleaba el ladrillo estándar, excepto en los ángulos de encuentro entre caras donde se disponían piezas especiales. En aquel momento, éstas eran fáciles de encontrar pues era habitual su empleo en la fábrica de fachadas. En ocasiones, las piezas de esquina se fabricaban vidriadas o teñidas, o bien, se teñían posteriormente con lechada de cemento coloreada. Excepcionalmente, incluso podían lucir un cordón cerámico en el ángulo.

En un principio, las piezas se tomaban generalmente con mortero de cal aérea, lo que originaba una importante ralentización del proceso de ejecución. Ello solía provocar la inclinación del eje debido a los problemas de desecación experimentados por las caras orientadas en la dirección del viento dominante o de mayor soleamiento. Posteriormente, con la aparición del cemento Pórtland se empleó éste con dosificaciones de entre 1,5 y 2 partes de arena por cada fracción de Pórtland.

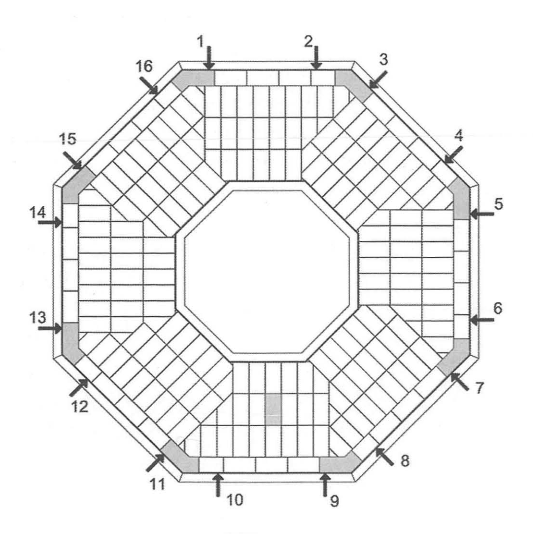


Figura 3
Aparejo de la sección-tipo de una chimenea de fuste troncopiramidal octogonal; marcado de las variantes de piezas empleadas

Dimensionado y ejecución

El proceso de diseño y ejecución de estos elementos resulta algo más complejo de lo que se puede intuir a simple vista. Su técnica se fundamenta en una larga experiencia de corte esencialmente empírico donde la profesionalidad y el profundo análisis de las obras precedentes suplen con creces la ausencia de pautas de corte más «científico». Como en tantos otros ejemplos, el aprendizaje acumulado a lo largo de innumerables errores y aciertos, fue cristalizando en una serie de reglas elementales (combinación de altura con aspecto formal), más o menos ciertas en términos absolutos desde el punto de vista analítico aunque sobradamente válidas para los fines requeridos, que constituían el punto de partida para el diseño específico de cada modelo. Estos mínimos principios de partida se complementaban con un perfecto dominio de la técnica, en especial de una notable habilidad para el control formal durante la ejecución, ayudándose de ciertos utensilios de invención propia que serán analizadas más adelante.

En general, la proyectación de una chimenea requería del establecimiento previo de dos premisas, una de carácter estrictamente funcional y la segunda de corte esencialmente formal, que definían totalmente a priori, de manera detallada, el elemento. Se comenzaba fijando la altura en función del tiro necesario y, a continuación, se concretaban las características del fuste o caña, según la voluntad de optar por un diseño más o menos singular. Una vez establecida apriorísticamente la altura del elemento, con independencia del aspecto geométrico del fumeral, se concretaban los espesores de su sección. A tal fin cada colla de trabajadores disponía de unas tablas o ábacos, de elaboración propia, obtenidas de manera empírica. En ocasiones, incluso se realizaba un croquis o plano de la chimenea para poder calcular con precisión sus dimensiones desde la cimentación hasta la boca de salida y prever con exactitud el material que se iba a necesitar, dado que era necesario encargarlo expresamente.

Con este referente se procedía a la definición de los aparejos y el consiguiente establecimiento de las secuenciales variaciones de espesor a lo largo del fuste, comenzando siempre el reparto desde la coronación hacia abajo. A modo de ejemplo, indicar que, para alturas de entre 30,00 y 40,00 metros, se fijaba una abertura del tiro de entre 0,80 y 1,00 m. En este caso, la sección del tramo de coronación era siempre de un pie de espesor, es decir, 24 cms. Para alturas inferiores a 30,00 m. se actuaba de igual forma, pero considerando una abertura menor, de entre 0,50 y 0,70 m. y un espesor de fábrica en la coronación de 1/2 pie.

La sección del fuste experimentaba una doble reducción que afectaba, por tanto, a cada una de sus caras. Al paramento exterior se le dotaba de una pendiente de entre el 2% y el 3%, mientras que, en la cara interior de la chimenea, en función del espesor máximo y mínimo y de la pendiente de su cara exterior, se efectuaba un número variable de retranqueos para obtener reducciones progresivas de 1/2 pie de espesor por intervalos de entre 5,00 y 6,00 metros. El tramo de coronación era siempre recto, sin pendiente exterior y, por lo tanto, se debía descontar su altura del total antes de llevar a cabo el reparto de las reducciones. A modo de ejemplo, para una chimenea de 40,00 m. de altura con un remate de 2,50 m. y una pendiente exterior del 2,50% se practicaban retranqueos cada 5,00 metros, obteniendo así un escalón interior de 12,50 cm. entre dos secciones consecutivas que garantizaba una sección mínima de un pie de espesor en la coronación y de cuatro pies en la base de arranque.

La unión entre la base y el fuste se suavizaba mediante molduraciones cuyo diseño o grado de complejidad dependía de la habilidad del operario y de la variante elegida. La base, al igual que el fuste, solía tener una inclinación, en este caso, dos veces mayor que la de aquel, oscilando por tanto, entre el 4 y el 6%.

La cimentación

Por sus dimensiones y peso propio estos elementos, muy similares a las torres campanario, presentan soluciones de asiento sobre el terreno casi idénticas a las de dichas construcciones. En un principio fueron resueltas con hormigón ciclópeo a base de mortero de cal y bolos, siendo sustituido más tarde por hormigón en masa a base de cemento Pórtland.

En general, solían constituirse como una gran losa cuadrada de cimentación cuya dimensión en planta resultaba de incrementar entre 25 y 40 cms. por cada lado las dimensiones de la basa del fumeral. El canto del cimiento rondaba habitualmente los 3,00 m. de profundidad, evitándose en lo posible cantos menores de 2,00 m. Se trata, por tanto, de una relación dimensional que, generalmente, garantiza su comportamiento como zapata rígida, sin necesidad de armado, aunque en ocasiones éste puede aparecer a modo de emparrillado conformado mediante armaduras de madera dispuestas en retícula, solución sobradamente conocida desde mucho tiempo atrás. En firmes deficientes, normalmente, se optaba por una mejora del terreno consistente en la hinca de estacas de madera, según el procedimiento tradicional recomendado ya por Marco Vitruvio (I dC; 3: cap. 4; 145). Esta solución de zapata a una relativa profundidad, generalmente consecuencia de la búsqueda del mejor firme de cimentación, goza de interesantes ventajas pues el peso del volumen de terreno extraído compensa en buena medida el de la construcción emergente, aliviando parte de los esfuerzos sobre el firme de asiento.

Si la chimenea servía a un «rajolar»,[3] entonces se comunicaba con el horno mediante un conducto bajo rasante que atravesaba la cimentación, lo que era tenido en cuenta con vistas a garantizar la rigidez del conjunto. Éste tenía en su intersección con la chimenea un rebaje, llamado «cendrer»,[4] de unos cuarenta centímetros de profundidad contada desde la cara interior de la base del conducto de entrada de humos y un diámetro igual al tiro interior de la chimenea, que servia para que se acumularan las cenizas en suspensión y escorias que caían del tiro, las cuales se precipitaban al enfriarse, siendo limpiadas periódicamente desde una portezuela situada en la base para evitar el estrangulamiento del paso. Aunque, debido a este conducto, la losa de cimentación no es completamente maciza, a efectos de comportamiento, puede considerarse como tal.

Construcción del fuste

Como ya se ha comentado, la caña del fumeral se erigía por tramos de cinco o seis metros, de sección

constante, disminuyendo el espesor de medio ladrillo entre tramos sucesivos. Dicha reducción se traducía en un escalonamiento de la cara interior del elemento que servía de apoyo al encofrado durante su construcción y mantenimiento posterior. Asimismo, por sus características geométricas, la ejecución de una chimenea obligaba, en muchas de las variantes, al replanteo previo de todas las secciones características del fuste para definir a escala real cada una de las piezas especiales necesarias, con vistas a su fabricación. El control formal durante la ejecución del paramento exterior del fumeral exigía también del despliegue de ciertas dosis de ingenio. La principal dificultad consistía en mantener constante la pendiente de la cara exterior del fuste sin perder en ningún momento la verticalidad del eje central de la chimenea habida cuenta de que, dadas las condiciones de trabajo y la escala del elemento, el operario no podía disponer de referencias de conjunto objetivas y fiables.

A tal efecto, se generalizó el uso de un artilugio denominado «taulaplom»[5] consistente en la combinación de un listón horizontal recto, que llevaba acoplado un nivel, ensamblado a otro vertical, de tamaño y aspecto variable, dotado del dibujo y la pendiente adecuada por su canto interior. La altura máxima de este artefacto era de un metro y garantizaba la ejecución de la chimenea con la inclinación deseada.

En un mismo fumeral se utilizaban taulaploms de distintos tamaños. Los de mayor escala eran empleados para los tramos inferiores, reduciendo su dimensión de manera progresiva al de la propia sección para facilitar su manipulación, ya que ésta conllevaba también una reducción del ámbito de trabajo. Generalmente, en la base se utilizaba un taulaplom con pendiente del 5% y un metro de altura, mientras que en el fuste ésta giraba en torno al 2% ó 3%. Para la ejecución del fuste solían emplearse dos ejemplares distintos, el primero de un metro de altura y, el segundo, de aproximadamente dos tercios de la misma.

La chimenea octogonal era la más sencilla de construir. Esta variante se elaboraba con ladrillo convencional, a excepción de las aristas, que requerían del uso de piezas especiales. Tampoco era necesario, aunque sí conveniente, un replanteo previo de sus secciones características y, por lo general, el proceso constructivo era similar tanto en la base como en el fuste variando solamente la inclinación de la cara in-

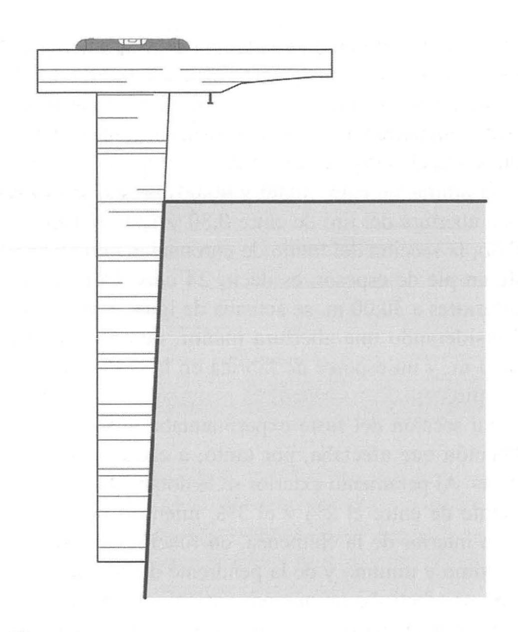


Figura 4
Recreación de un «taulaplom» empleado para la ejecución del fuste

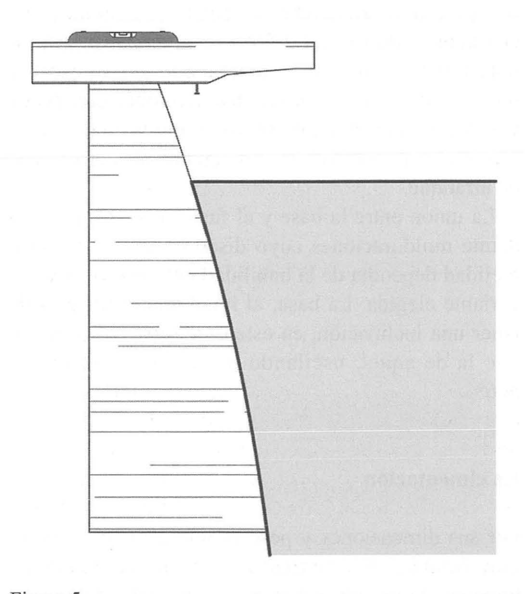


Figura 5
Recreación de un «taulaplom» empleado para la ejecución del remate superior del fumeral

terior y, por tanto, el trazado del taulaplom a emplear. Generalmente, se efectuaban dieciséis comprobaciones de inclinación en cada hilera, a razón de dos mediciones por flanco tomadas a una distancia de unos 5,00 cms. del vértice.

El proceso de replanteo de la variante conocida como torsa o helicoidal resultaba de gran complejidad pues había que repartir proporcionalmente los ladrillos en función de la altura total del fuste, del espesor de la sección inferior y del número de vueltas con que se pretendía dotar al helicoide que, generalmente, era de 3/4 de círculo. A tal efecto se generalizó el uso de otro curioso artilugio bautizado por los propios operarios como «gafa-compás». Estaba formado por dos plantillas de madera, insertadas en un eje vertical metálico de unos 3,00 cm. de diámetro que se empotraba en las plataformas de trabajo. Las plantillas tenían el aspecto a escala real de dos secciones separadas entre sí un metro de distancia. Además, servía de eje a una especie de compás metálico con brazos telescópicos que se usaba como guía para el control geométrico de la fábrica en ejecución.

La plantilla inferior reproducía por su cara de abajo el aparejo de la sección de partida, es decir, un polígono de ocho lados del correspondiente tamaño con la posición exacta que ocuparían cada una de las piezas. En su cara superior se marcaba el círculo inscrito al mismo; este círculo se dividía inicialmente en varias partes, en función de las vueltas de helicoide que se pretendiese dar a la chimenea. Para un helicoide de 3/4 de círculo, por ejemplo, el disco inscrito se dividía en cuatro partes y se ignoraba una de ellas durante el siguiente fraccionamiento. A continuación, se subdividían los tres cuartos de círculo seleccionados en tantas partes iguales como metros de altura tuviese el fuste, de tal manera, que se constituían en el referente, a distancia constante, para el giro proporcional de las hiladas contenidas en el tramo en cuestión.

La plantilla superior era similar a la ya descrita, pero con el dibujo de la sección equivalente situada un metro por encima de la tomada como primera referencia, esto es, con el tamaño que proporcionalmente le correspondería tras aplicar la consabida reducción del 2,50% a causa del progresivo estrechamiento del fuste.

Este aparatoso instrumento se empleaba en combinación con el «taulaplom» para repartir la variación de giro en la orientación de la sección que correspondía a la chimenea por cada metro de ascenso. Como se puede comprobar, señalaba el punto de llegada, esto es, la posición exacta de cada pieza de ladrillo correspondiente a la hilada situada un metro más arriba una vez aplicado el correspondiente giro. Sin embargo, la ligera rotación de cada una de las dieciocho o veinte hiladas de ladrillo existentes entre las comprobaciones periódicas, se ejecutaba a sentimiento, con mejor o peor fortuna según la pericia del operario.

En las chimeneas mal denominadas «salomónicas», el replanteo y control de la forma se efectuaba de manera muy similar, aunque con una ligera salvedad. En este caso, el giro secuencial no se producía siempre en la misma dirección, sino que variaba periódicamente de orientación.

Por último, las chimeneas de sección circular tenían que replantearse en el suelo, previamente al inicio de la obra, sobre una superficie maestreada para obtener las plantillas a escala real de los diferentes tipos de ladrillos especiales que habían de encargarse. En este modelo de fumeral se empleaba también un procedimiento combinado de control formal consistente en alternar en hiladas sucesivas, el empleo del «taulaplom» con la «gafa-compás». Además de los utensilios reseñados hemos de citar también el empleo de plantillas o terrajas para la ejecución de la coronación de aquellos elementos más elaborados en los remates de la base y la coronación.

Medios auxiliares

La ejecución de las chimeneas se llevaba a cabo desde el interior del fuste empleando para ello, generalmente, tres tipos de plataformas dos de las cuales, actuaban, de manera simultánea, como planos de trabajo. Por su fragilidad, nunca se empleaban andamios perimetrales exteriores como se hace hoy en día durante los trabajos de mantenimiento y conservación.

La primera plataforma se situaba, aproximadamente, a 1,80 m. del suelo taponando la mitad del hueco interior. Servía de protección al peón encargado de preparar y suministrar los hatillos con el material necesario y permanecía en este lugar durante toda la obra. La segunda y tercera plataformas servían como plano de apoyo a los operarios encargados de ejecutar la fábrica y su dimensión iba disminuyendo conforme se ascendía por el fuste. Estos endebles planos quedaban conformados por la intersección de dos listones

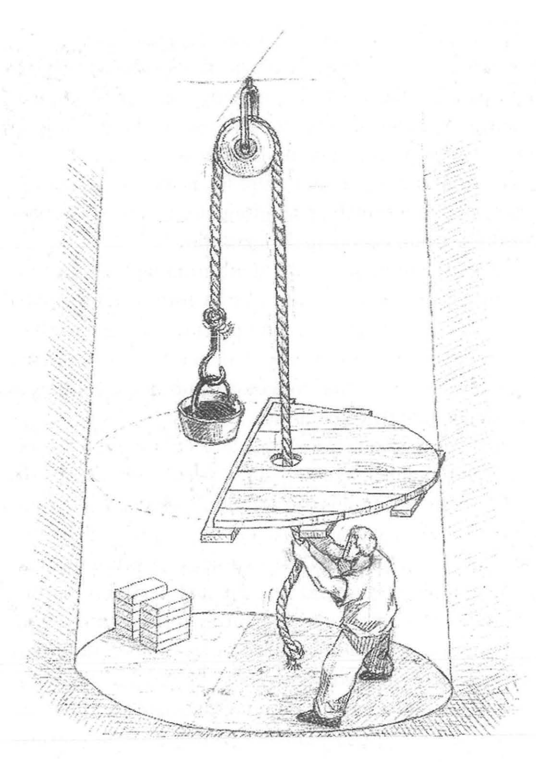


Figura 6
Detalle de la ejecución; plataforma inferior de protección (Eres Costa et al. 2001)

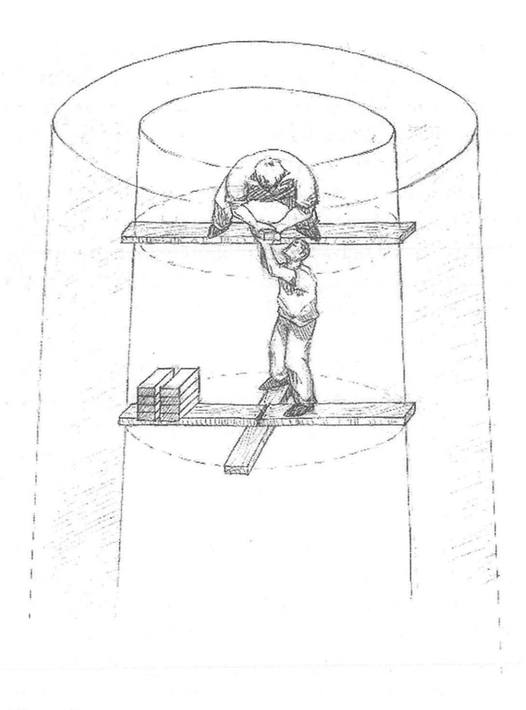


Figura 7
Detalle de la ejecución; planos superiores de trabajo (Eres Costa et al. 2001)

de madera, dispuestos en cruz y empotrados en unos mechinales practicados en la sección del fumeral. Habitualmente, en el punto de intersección entre tablones, se situaba una polea para el ascenso de materiales hasta el correspondiente nivel. Cuando la chimenea alcanzaba una altura considerable el ascenso de materiales se producía de manera secuencial apoyándose en el nivel intermedio siendo, por tanto, necesaria la participación conjunta de un oficial y dos peones. Para la ejecución de las partes más altas y los remates, a veces se empleaba un único listón e, incluso, se evitaba éste situándose el operario directamente sobre la coronación de la fábrica de ladrillo.

A las distintas plataformas de trabajo se accedía mediante escaleras conformadas, generalmente, a base de elementos metálicos en «U» empotrados en el interior de la fábrica que iban disponiéndose simultáneamente a la ejecución del fuste. Excepcionalmente, los peldaños podían ser de madera e, incluso, instalarse en el exterior de la chimenea aunque, lógicamente, no era ni lo habitual ni lo más recomendable. Una vez finalizados los trabajos, la escalera permanecía para labores de mantenimiento ocasionando, a veces, daños a la fábrica.

Patología de las chimeneas

Muchas de las chimeneas estudiadas presentan lesiones características atribuibles, generalmente, a factores concretos y claramente identificables. Las más comunes son consecuencia de defectos de ejecución, de sus materiales y, en menor medida, de la acción imprevista de agentes externos, como pudiera ser el impacto de rayos, etcétera.

A continuación, se hará un breve recorrido por algunos de los problemas más usuales analizando sus causas concretas y la manera de manifestarse, aportando posibles soluciones que pretenden ser respetuosas con la autenticidad del elemento original.

Pandeo del fuste

Es quizás el defecto que más llama la atención pues se manifiesta rápidamente y a simple vista cuando se observa la chimenea desde una cierta distancia. Casi siempre es achacable a defectos de ejecución y afecta normalmente al tercio superior del fuste hasta su coronación. Excepcionalmente, se observan fisuras horizontales, coincidentes con alguna junta de mortero, en el tramo más traccionado del fuste. El tipo y la dosificación del mortero —especialmente delicada en los de cal aérea— asociada a otras causas como la orientación de cada flanco del fuste o la acción de vientos cálidos y secos, pueden favorecer una desigual velocidad de fraguado que se traduce en asientos por retracción más acusados en las áreas de más rápido endurecimiento.

Este problema puede verse acentuado por la concurrencia de otros factores como el inadecuado espesor de la sección transversal de la chimenea o su relación con la altura total del elemento. En general, las secciones de menos de un pie de espesor y las coronaciones muy elaboradas, con incrementos importantes de espesor con respecto al último tramo del fuste, son especialmente propensas a ello, al incrementar la dimensión del momento ocasionado por la excentricidad debida a la inclinación del eje.

Las medidas a adoptar dependerán del grado de inestabilidad alcanzado. Si el elemento se encuentra estabilizado creemos preferible no actuar de inmediato, realizando mediciones periódicas de control del vuelco. Si, por el contrario, peligrase la estabilidad resultaría aconsejable el desmontaje del tramo dañado para su posterior reconstrucción, mimética o no, según el particular criterio de cada técnico.

Cuadros fisurativos

Pueden ser debidos a causas muy variadas, de carácter intrínseco o extrínseco. Dentro del primer grupo se encuadran aquellas originadas por defectos de los materiales —ladrillo o mortero— y las resultantes del mal dimensionado del elemento, hecho que se traduce en un deficiente comportamiento estructural o funcional, como puede ser la fisuración debida a la fuerte carga térmica. Entre las de carácter extrínseco destacan las producidas por acciones de viento o sismo, variaciones en el plano de cimentación y las mecánicas como el impacto de un rayo, entre otras.

Los daños estructurales ocasionados por defectos de los materiales componentes son poco corrientes dentro del grupo de ejemplos analizados, en parte porque muchos de los fumerales afectados hace tiempo que se perdieron, en parte también porque la experiencia acumulada por los constructores minimizó con el tiempo los errores de este tipo. En general son debidos a sobreesfuerzos tensionales produciendo agotamientos del ladrillo o del mortero, bien por un mal dimensionado de la sección o por un defecto de fabricación de los materiales. En el primer caso, como es habitual, se produce una fractura horizontal que va acompañada de un aplastamiento, puntual o generalizado, de la sección que puede originar el colapso del conjunto por una excesiva concentración de tensiones o inclinación del fuste.

El aplastamiento del grueso de mortero está asociado generalmente a mezclas pobres o juntas de gran espesor y suele dar origen a fisuraciones o agrietamientos verticales. También se manifiestan otros daños menores muy característicos como son las disgregaciones, los desconchados por fenómenos de heladicidad, descomposición o exfoliaciones superficiales sin pérdida de masa, lavado no crítico de juntas, eflorescencias, cuyos efectos y posibles soluciones son de sobra conocidos y, por tanto, se omite su análisis.

Causas externas de origen mecánico

Las dos modalidades más habituales son las originadas por la caída de un rayo y la debida a la elevada temperatura de los gases circulantes por el tiro. En ambos casos los daños, localizados casi siempre en el tramo de remate, suelen ser considerables, originándose graves estados de agrietamiento generalizado e, incluso, el seccionamiento y caída de alguna porción tramo del fuste.

El impacto de un rayo es debido a la ausencia de pararrayos, un elemento que debería ser preceptivo habida cuenta de la altura que alcanzan las chimeneas y su peculiar ubicación en lugares aislados, hecho que las lleva a servir de foco de atracción. El impacto directo produce una fuerte y casi instantánea dilatación de la fábrica que puede originar desde una pérdida de masa hasta un cuadro fisurativo por dilatación más o menos acusado en función de la intensi-

dad del rayo. Cómo las secciones de la fábrica trabajan a compresión, la reparación consistirá en la recomposición de la pérdida de masa producida y el cosido de las grietas, en su caso, para garantizar la continuidad del material, el adecuado reparto de tensiones y la correcta trabazón del elemento. Resulta conveniente el empleo de ladrillos y mortero de similares características para evitar concentraciones de tensiones originadas por las variaciones en los módulos de elasticidad de los materiales. A veces, cuando el impacto se produce en la coronación puede resultar conveniente desmontar y reconstruir el tramo dañado reutilizando, en la medida de lo posible, las piezas originales.

Mucho más preocupantes resultan los daños originados por el mal dimensionado de la sección del fuste para soportar las elevadas temperaturas del vapor que transita por su interior. La presión de los gases unida, en ocasiones, a las tensiones diferenciales entre la cara interior y la exterior del tiro, por la inercia térmica del material cerámico, originan importantes dilataciones que no pueden ser soportadas por la insuficiente sección provocando agrietamientos paralelos, en sentido vertical, en todo el perímetro del tramo más débil. Se trata de un error de diseño difícil de corregir a posteriori cuando la chimenea está en servicio, y hoy por hoy todavía queda cierto número de ellas en esta situación. Tradicionalmente se ha recurrido a zunchados perimetrales a base de anillos metálicos trabados entre sí mediante barras longitudinales que pretenden garantizar la trabazón de las secciones de fábrica resultantes para evitar su caída por pandeo sin interferir en las dilataciones naturales del fuste en fase de servicio. Por el contrario, cuando la chimenea cae en desuso, basta con recomponer la trabazón del elemento mediante las conocidas soluciones de cosido.

Cuando se deba reconstruir parcialmente un fuste de un fumeral en uso, se pueden emplear ladrillos refractarios por su cara interior hasta un determinado espesor de la sección previo tanteo numérico de las solcitaciones térmicas a las que va a estar sometido. Ello garantizará su adecuado comportamiento manteniendo invariable su geometría y aspecto exterior.

Trabajos de derribo

Tradicionalmente se han empleado con éxito varios métodos para demoler chimeneas fabriles de las características aquí expuestas, los cuales se exponen brevemente por su valor documental y el interés que supone su posible extrapolación a otros problemas constructivos.

El procedimiento más extendido radicaba en actuar de manera parecida a la tala de un árbol de gran sección. Este método consistía en eliminar cuidadosamente tres o cuatro hiladas de ladrillos de la mitad de una de las secciones inferiores del fuste, colocando cuidadosamente en su lugar, conforme se iban eliminando los ladrillos, unos pequeños puntales de madera separados entre sí unos 30 cms. A continuación, se colmataban con paja los huecos entre puntales de madera y se les prendía fuego para que, al ceder, se produjera el derrumbe del elemento de manera más o menos controlada hacia el flanco donde se había efectuado el seccionado del fuste. En ocasiones se adoptaba una variante consistente en perforar por tramos la base de la chimenea, colmatándola de troncos de madera que, al arder, propiciaban su inestabilidad y consecuente caída, aunque de forma más descontrolada. Existen incluso referencias a demoliciones a base de explosivos, empleadas sólo excepcionalmente por su peligrosidad.

Notas

1. Vocablo en Lengua Valenciana, conducto de humos o chimenea.
2. Este aspecto ha sido estudiado desde el punto de vista mecánico por F. Pallarés (2003).
3. Lengua valenciana, industria destinada a la fabricación de ladrillos.
4. Lengua valenciana, cenicero.
5. Lengua valenciana, vocablo genuino del oficio. Podría traducirse como «tablero para aplomar». Es un medio auxiliar característico y exclusivo de estas chimeneas.

Lista de referencias

Eres Costa, Mª Carmen et al. 2001. *Chimeneas y hornos de ladrillo cerámico*. Valencia: Universidad Politécnica.

Pallarés Rubio, Francisco J. 2003. *Contribución al análisis sísmico de chimeneas industriales de obra de fábrica mediante el método de los elementos finitos*. Valencia: Universidad Politécnica.

Vitruvio Polión, Marco [I dC] 1997. *Los Diez libros de Arquitectura*. Editado por J. Oliver. Madrid: Alianza Forma.

La bóveda del sotocoro del convento de Santo Tomás (Ávila)

Rafael Martín Talaverano

El siglo XVI es (. . .) un siglo complejo; en principio, tan complejo como otros pero, al mismo tiempo, más que sus antecesores y sucesores al aparecérsenos como radicalmente conflictivo. (Marías 1992, 9)

Desde finales del siglo XV, comienza a forjarse en España una situación caracterizada por la presencia simultánea de una tradición medieval gótica junto con las nuevas ideas humanistas procedentes de la corriente renacentista. A la vez que la técnica gótica produce sus más notables ejemplos y se muestra en pleno auge, un nuevo sistema de pensamiento aparece con gran fuerza. Frente a la nueva corriente humanista, persiste todavía en la sociedad un deseo de mantener las tradiciones medievales, puesto que todavía conservan unos significados y valores de representación de la nobleza y del clero. Ante esta situación de complejidad, en lo referente a la arquitectura, se observan diversas opciones: la elección de uno u otro sistema, el uso de un lenguaje mixto, o la existencia de autores que manejan ambos sistemas.

A finales del siglo XV, durante el reinado de los Reyes Católicos, la corriente tardogótica española se halla en pleno auge, imbuido en gran medida por la arquitectura de Flandes y de centroeuropa. Prueba de ello es el origen de artistas como, Juan Guas, Simón de Colonia, Enrique Egás, Juan de Flandes, etc. En la construcción de la catedral de Sevilla, a principios del siglo XV, se introducen una serie de cambios, como son la girola ortogonal y un testero plano, o la unificación de la altura de las naves, creciendo las laterales hasta igualarse con la central y dando paso a la solución centroeuropea de la planta de salón o *hallenkirche*. Estos cambios dan lugar a la aparición de un vivo debate entre dos corrientes, la tradicional toledana y la nueva sevillana. En este contexto, las bóvedas se diseñan con volúmenes más redondeados, se multiplican sus nervios, sus plantas tienden hacia la forma cuadrada,[1] y se distancian los soportes. La bóveda se valora más en si misma que como parte de una secuencia visual, y se crean unos espacios más diáfanos y menos direccionales que en las obras góticas de los siglos precedentes.

Dentro de esta situación de continuidad y renovación, surge una tipología de iglesia conventual característica de España. Por un lado mantiene el modelo de iglesias de peregrinación de los siglos XIII y XIV en Francia, con un marcado carácter funcional, de modo que dispone de una sola nave, con las capillas empotradas en los muros, completamente libre de cualquier estorbo visual. Sin embargo, se introduce una novedad, al situarse el coro a los pies de la iglesia, elevado sobre el acceso, de modo que se eliminan los obstáculos visuales en favor de la funcionalidad. El coro elevado debe sustentarse con una bóveda rebajada, para que su altura no sea excesiva y se mantenga una buena comunicación visual entre la plataforma y el presbiterio.

Durante el reinado de los Reyes Católicos, destaca la figura del arquitecto y escultor Juan Guas, que forma parte de la llamada escuela toledana. Tras una breve labor en la catedral de Ávila, es nombrado maestro de obras del claustro de la catedral de Segovia. Al mismo tiempo, compagina su trabajo principal con la intervención en la capilla mayor del monasterio del Parral y en el claustro de la cartuja del Paular. Entre 1480 y 1483 se ocupa de la construcción del palacio del Infantado, en Guadalajara, obra clave de

la arquitectura española del siglo XV y pieza fundamental en la trayectoria artística de Guas.

Una de sus últimas obras es la bóveda del sotocoro del convento de Santo Tomás en Ávila, cuyas obras se prolongan hasta 1493 (figs. 1 y 2). Hay que destacar que la iglesia posee una gran sobriedad, contrariamente a lo que sucede en otros edificios de la época, de modo que la decoración sólo se dispone localizada en los lugares más representativos, mientras que el resto de las zonas permanecen prácticamente desnudas. Además, se sigue el patrón de la tipología conventual anteriormente citada, y por lo tanto, posee un coro alto a los pies, pero en este caso también se da la novedad de que el altar mayor se encuentra también elevado. En ambos casos, es necesaria una bóveda de escasa altura que sustente estas plataformas. Esta condición de bóveda rebajada es la que determina su diseño y su geometría.



Figura 1
Interior de la iglesia del convento de Santo Tomás en Ávila. Vista del presbiterio

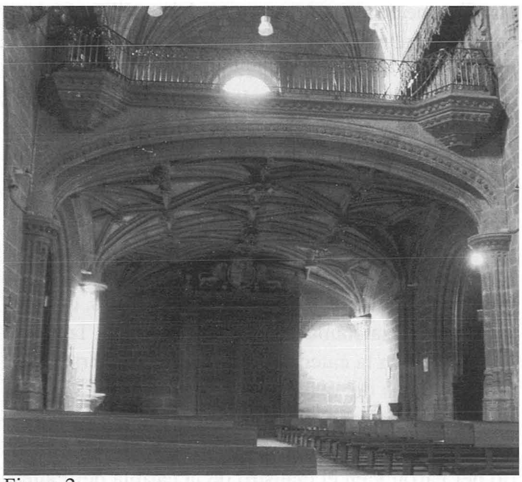


Figura 2
Interior de la iglesia del convento de Santo Tomás en Ávila. Vista del coro

Objetivos y metodología del estudio

El presente estudio tiene como objetivos, en primer lugar, el conocimiento preciso de la geometría y del proceso constructivo de la bóveda rebajada del sotocoro del convento de Santo Tomás, obra de Juan Guas. En segundo lugar, se pretende continuar con un trabajo de puesta en valor de las obras del gótico tardío español, que han suscitado escaso interés aun a pesar de su notable importancia.

Para ello, se ha realizado un levantamiento de la bóveda con una estación láser. Establecida una serie de estaciones, se han medido los puntos en la cara inferior de las juntas de todas las dovelas de los arcos que constituyen la bóveda. De este modo, se obtiene la información sobre el tamaño y posición de cada una de ellas. Además, allí donde las curvaturas de los arcos son mayores, se han medido puntos intermedios que determinan con mayor precisión la forma del nervio. Ha sido imposible medir puntos en la cara inferior de las claves puesto que se encuentran tapadas por elementos decorativos. Por último, se han obtenido también puntos en la intersección de los nervios con la plementería, para determinar la altura y anchura de la sección de cada uno de ellos (fig. 3).

Este conjunto de puntos está perfectamente determinado con sus coordenadas espaciales, y han servido para obtener la geometría real de la bóveda en su estado actual, incluyendo sus deformaciones. Por si sola, esta información constituye un documento importante sobre la realidad física de esta obra. Posteriormente, y sin entrar en el análisis de su comportamiento estructural, se han aproximado las líneas poligonales que unen los puntos de cada nervio a ar-

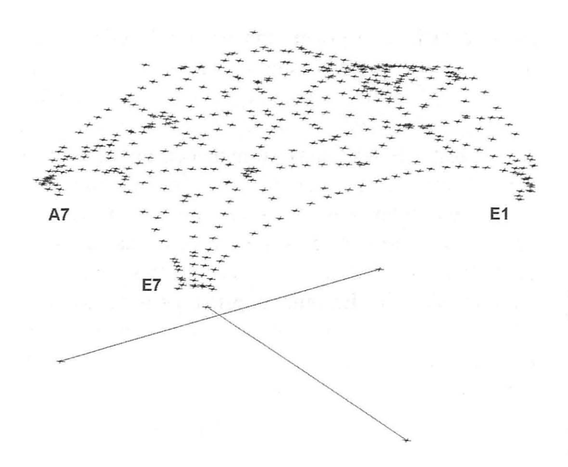


Figura 3
Conjunto de puntos obtenido con la estación láser

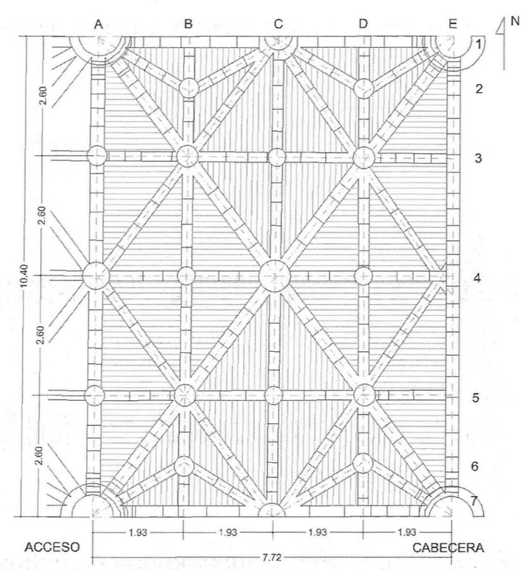


Figura 4
Planta de la bóveda

cos o tramos de arcos conocidos. Estas curvas quedan definidas espacialmente, obteniéndose con sus intersecciones la ubicación las claves, y con sus proyecciones horizontales, la trama generadora de la bóveda. De este modo se han establecido las hipotéticas trazas geométricas que en su día sirvieron para diseñar y definir la forma de la bóveda tal y como fue concebida. Finalmente, para completar el estudio, se ha realizado un modelo tridimensional que recrea la obra originalmente diseñada.

ANÁLISIS DE LA BÓVEDA

El diseño de la planta

Veamos en primer lugar la generación de la bóveda a partir de su trazado en planta. La construcción completa sobre la que se asienta el suelo del coro se compone de dos tramos de bóveda que se repiten a lo largo del eje de la nave hasta el límite del piso superior. Se ha analizado el tramo oriental, el más cercano a la cabecera (fig. 4).

Como se puede observar, todo el diseño se inscribe en un rectángulo de 7.72 m de longitud en el sentido este-oeste (en adelante, longitudinal), y de 10.40 m de longitud en el sentido norte-sur (en adelante, transversal). Dentro de este rectángulo, se ha generado una trama de 4 × 4 tramos (de 1.93 m los longitudinales, y de 2.6 m los transversales). La proporción resultante entre el lado mayor y el menor de la bóveda es de 1.33, o lo que es lo mismo de 4 a 3. Nos hallamos entonces con lo que era conocido en España como una proporción *sexquitercia*, o, lo que es lo mismo, la proporción del triángulo de Pitágoras.[2] Esta disposición fue muy usada, y encontramos ejemplos de ello en las naves de las catedrales de Salamanca y Segovia, en la Capilla de la Antigua de la catedral de Sevilla, o en la nave de Los Jerónimos en Madrid.

Una vez establecida la trama, quedan determinados tanto los ejes de los arcos como la posición de cada una de las claves. De este modo, podemos observar en primer lugar la existencia de cuatro arcos que definen el perímetro de la bóveda (dos perpiaños y dos formeros), y dos arcos ojivos o diagonales. Estos seis arcos conectan los vértices o puntos de apoyo de la bóveda (A1, A7, E1 y E7). Son además los arcos que definen la geometría global de la misma, puesto que marcan los límites y definen los cambios de curvatura de su superficie (fig. 5). En segundo lugar, nos encontramos con una serie de ligaduras de tres tipos: longitudinales, que conectan los arcos perpiaños; transversales, que conectan los

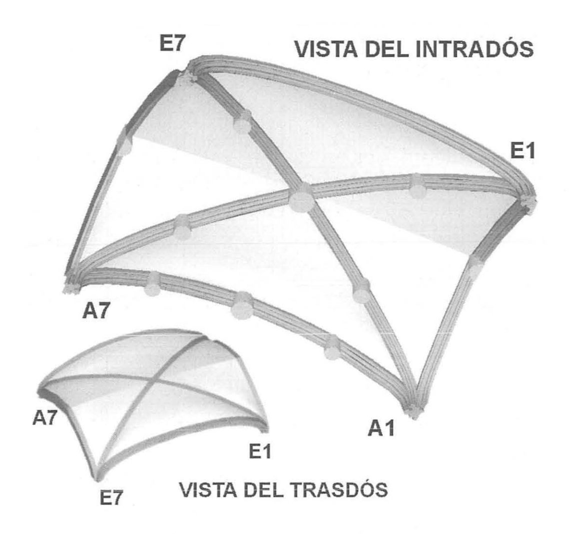


Figura 5
Vistas del trasdós e intradós de la bóveda con sus nervios ojivos, formeros y perpiaños

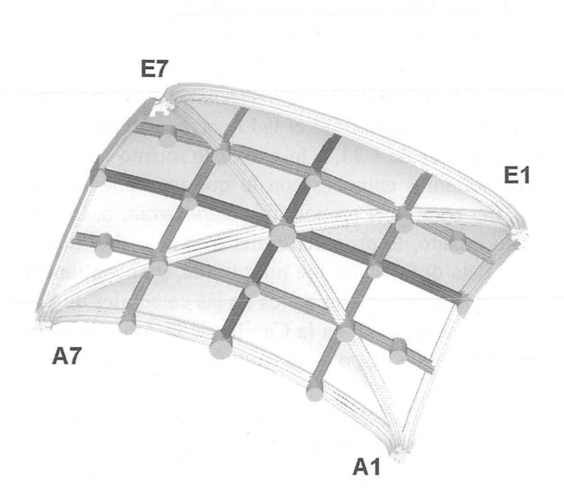


Figura 6
Vista del intradós de la bóveda con sus ligaduras longitudinales y transversales

arcos formeros; y diagonales, que conectan las claves de los perpiaños con las de los formeros. Todos estos nervios generan a su vez otras claves al cruzarse entre si. De especial importancia son las ligaduras longitudinal y transversal centrales, ya que

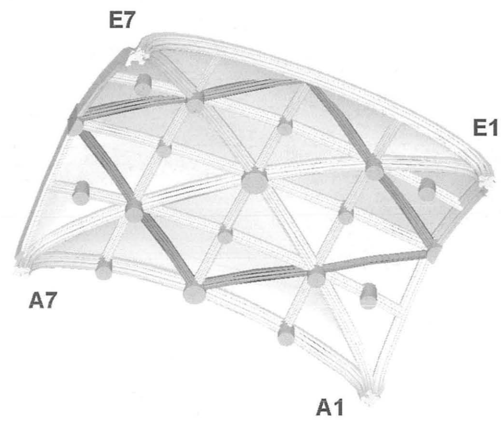


Figura 7
Vista del intradós de la bóveda con sus ligaduras diagonales

constituyen respectivamente el *rampante longitudinal* y el *rampante transversal* de la bóveda, es decir, las curvaturas en los planos principales de la misma (figs. 6 y 7). Finalmente, y como excepción al sistema de generación de la planta de la bóveda a partir de una trama, nos encontramos con los arcos terceletes. Efectivamente, estos arcos no unen puntos de la trama, sino que parten de los arranques y claves de los formeros (A1, C1, E1, A7, C7, E7) con una dirección aproximada correspondiente a la bisectriz entre el eje del arco formero y el del arco ojivo (o ligadura diagonal). El encuentro con las ligaduras transversales genera un nuevo grupo de claves (fig. 8).

Como puede observarse, la bóveda se genera a partir de un sistema mixto de trama y bisectrices. Por un lado, se crea una retícula ortogonal que define cada punto de arranque e intersección de los arcos. Por otro lado, los arcos terceletes se proyectan según un sistema de bisectrices junto a los arcos formeros. De este modo, se enfatiza la dirección longitudinal, puesto que es en la cual se adosan los dos tramos de la bóveda, y que corresponde al eje de la nave de la iglesia. Nos encontramos ante una auténtica red espacial de nervios que enlazan las dos bóvedas, a la manera de las *netzgewölbe* alemanas, y que no son usuales en España,[3] frente a los diseños polares que generan las bóvedas estrelladas o *sterngewölbe*, mucho más frecuentes en nuestro país. De igual manera

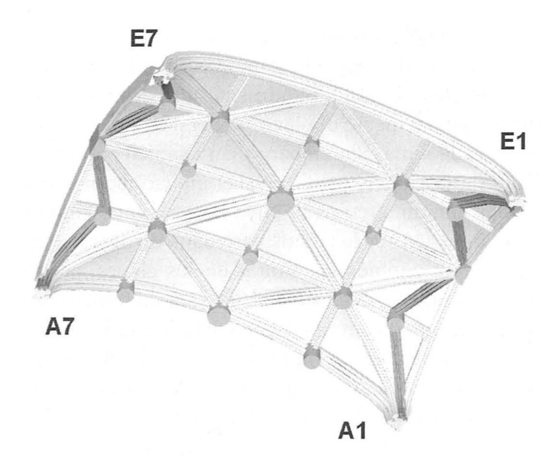


Figura 8
Vista del intradós de la bóveda con sus terceletes

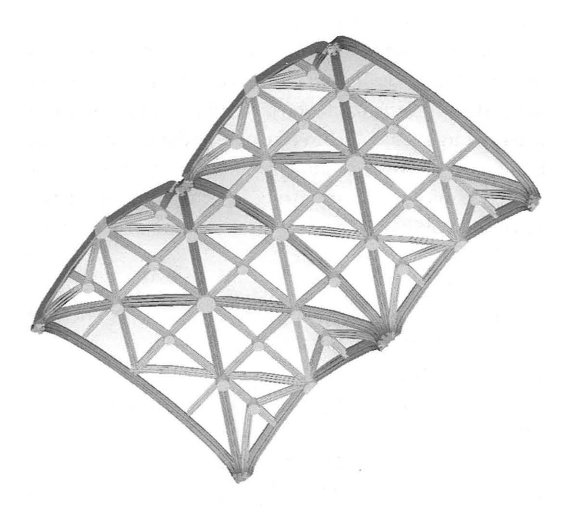


Figura 9
Vista del intradós del conjunto compuesto por los dos tramos de la bóveda

puede entenderse la traza de la bóveda como la repetición de un módulo cuatro veces alrededor de la clave central. En efecto, podemos observar que el rectángulo que engloba toda la trama se puede dividir en cuatro rectángulos exactamente iguales, cuyo punto de intersección común es el correspondiente a la clave central (fig. 9).

Análisis de los arcos principales: ojivos, formeros y perpiaños

El diseño de la planta define la posición y dirección de cada uno de los arcos y claves. A partir de esta información es posible construir la bóveda, pero son las alturas y curvaturas de cada uno de los nervios las que van a dar la forma final a la superficie previamente concebida. Por ello es preciso un riguroso control geométrico de cada uno de los arcos, y más si cabe en un ejemplo como la bóveda de Santo Tomás, donde hay una gran cantidad de ellos, y, por lo tanto muchos puntos de intersección que deben ajustarse perfectamente. Veamos cada uno de los casos (fig. 10).

En primer lugar, analizaremos los arcos ojivos. Como se puede observar, y salvando el error producido por las deformaciones, estos nervios se ajustan a la traza de un arco oval o carpanel.[4] Los radios de curvatura de los dos arcos se ajustan a la siguiente norma: están compuestos por arcos de arranque con curvatura de 0.90 m y tangente vertical en su salida, y un arco de coronación con curvatura de 12 m. Si comparamos estos arcos con el equivalente al de medio punto de un mismo radio, podemos comprobar que la altura de la clave de estos arcos ovales se en-

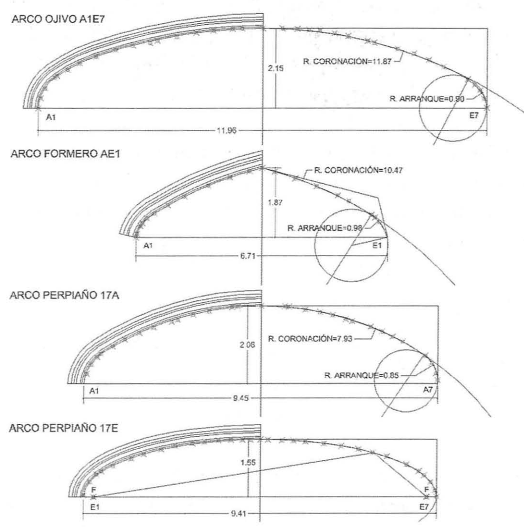


Figura 10
Arcos ojivos, formeros y perpiaños

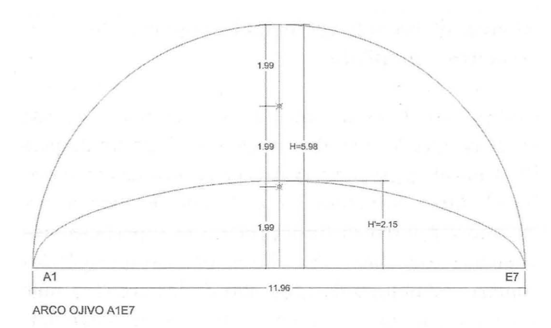


Figura 11
Comparación del arco ojivo de la bóveda rebajada con el arco de medio punto

cuentra aproximadamente a 1/3 de la altura que alcanzaría el arco de medio punto. Nos hallamos por lo tanto ante una bóveda con un considerable rebaje de dos terceras partes respecto de lo que sería una bóveda usual con ojivos de medio punto (fig. 11).

En segundo lugar, podemos observar que los arcos formeros se ajustan a la traza de un arco tudor[5] de las siguientes características: arcos de arranque con tangente no vertical y radio de curvatura de aproximadamente 0.90 m, y arcos de coronación apuntados con radios de curvatura de 8 m y 10 m. En la figura 12 se ha representado el rampante transversal a partir de dos semiarcos formeros (A1C1 y A7C7) con sus claves C1 y C7, y un arco ojivo A1E7, con su clave C4. Las claves de estos arcos formeros, C1 y C7, están situadas a 0.28 cm por debajo de la clave de los arcos ojivos, C4, por lo que queda determinado un rampante transversal ligeramente curvo y por lo tanto el perfil de la bóveda en este sentido va descendiendo desde la clave C4 hasta los extremos C1 y C7.

En tercer lugar, analizaremos los arcos perpiaños. En este caso, los dos arcos son distintos. El arco más cercano al acceso, el arco oeste A1A7, vuelve a tener la traza de un arco carpanel, cuya curvatura de salida es de 0.90 m, con tangente vertical, y la de coronación de 8 m aproximadamente. Sin embargo, los puntos medidos en el arco perpiaño más cercano a la cabecera de la iglesia, el arco este E1E7, nos indican que la traza podría corresponder a un arco elíptico. Es este un caso bastante inusual, puesto que esta figura geométrica es de una gran complejidad, ya que no posee un único centro, y su traza debe hacerse en base a los focos de la elipse.[6] Además, las juntas de las dovelas no están determinadas por planos radiales desde un punto, sino que debe hallarse independientemente el plano perpendicular a la elipse en cada junta. Sin embargo, un examen más detallado de las juntas entre dovelas indica que nos hallamos ante un arco oval, cuya traza es muy similar a la elipse. Al ser los arcos perpiaños distintos entre si, lo serán también las alturas de sus claves, por lo que el rampante longitudinal no será simétrico respecto del punto central de la bóveda. En la figura 12 se ha representado el rampante longitudinal a partir de los dos semiarcos perpiaños (A1A4 y E1E4) y de un arco ojivo (A1E7). Se puede observar que la clave del arco oval, A4, se encuentra aproximadamente a la altura de la clave de los ojivos, C4, mientras que la clave del arco elíptico, E4, se encuentra a 0.60 m por debajo de ésta. Esto significa que el perfil longitudinal de la bóveda es aproximadamente horizontal desde el arco oval hasta el centro, y luego es curvo, descendiendo hasta el arco elíptico con una curvatura similar a la de los arcos ojivos. De este modo, la bóveda se cierra hacia la nave. Esto tiene sentido considerando que la bóveda que se ha analizado es realmente la mitad de todo el abovedamiento del sotocoro. Suponiendo simétrica la otra mitad, la clave del arco oval es el punto central de todo el conjunto,

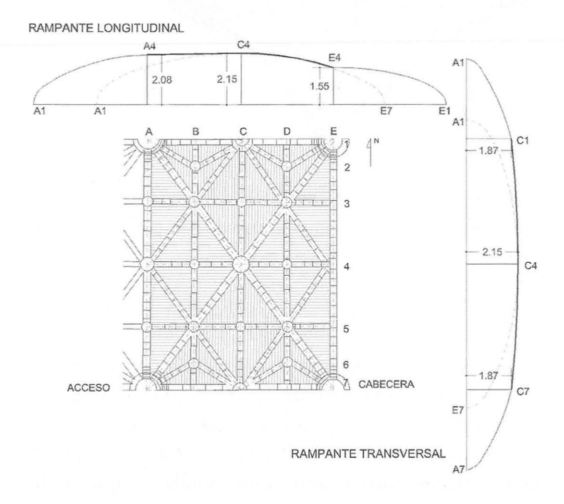


Figura 12
Rampantes transversal y longitudinal de la bóveda

y a partir de él desciende el rampante longitudinal hacia los extremos.

Análisis de los arcos secundarios: ligaduras y terceletes

Como se ha visto, los arcos ojivos, formeros y perpiaños definen los puntos y perfiles principales de la superficie de la bóveda. Los arcos denominados como secundarios (ligaduras y terceletes), se trazan a partir de estos puntos y configuran visualmente la red de nervios, además de servir como esqueleto sobre el que apoyar y definir la plementería. En cierta medida, estos arcos rematan la formalización espacial de la bóveda (fig. 13).

Las ligaduras son arcos escarzanos [7] de tres tipos: longitudinales (tres nervios), transversales (tres nervios) y diagonales (cuatro nervios). Las dos primeras forman un conjunto de seis nervios que, junto con los arcos formeros y perpiaños, constituyen la cuadrícula de 4 × 4 módulos que se refleja en la planta. Los diagonales, por su parte, unen las claves de los arcos perpiaños y formeros. Es importante recalcar que las dos ligaduras transversal central (17C) y longitudinal central (AE4) formalizan los rampantes transversal y longitudinal respectivamente. Como ya se ha apuntado anteriormente, son distintos en cada una de las direcciones, y determinan el modo en que la superficie de la bóveda se desarrolla desde la clave central hasta los extremos. De este modo, el resto de ligaduras se adapta a la forma ya definida, ubicándose las claves en cada una de las intersecciones que se producen con los otros nervios. No ha sido posible, en este caso, determinar una ley general de curvaturas para las ligaduras, puesto que sus radios son bastante dispares. Además, muchas de ellas poseen una notable deformación, sobre todo en la zona del encuentro con otros nervios, y eso impide la aproximación de los puntos obtenidos a un arco con fiabilidad. Tan sólo se puede apuntar que como consecuencia lógica de la forma de la bóveda, las ligaduras transversal y longitudinal centrales (17C y AE4) tienen mayor radio de curvatura que las ligaduras transversal y longitudinal laterales, y que a su vez, las ligaduras longitudinales en su conjunto tienen mayor radio de curvatura que las transversales. Esto demuestra que la superficie de la bóveda desciende en mayor medida en su dirección transversal que en la longitudinal.

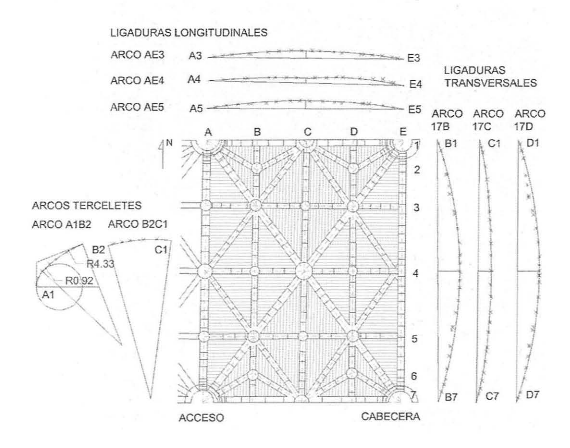


Figura 13
Arcos terceletes y ligaduras

Por último, los arcos terceletes, generados a partir de la bisectriz de los arcos formeros con los ojivos y ligaduras diagonales, se dividen en dos tipos. Los que parten de la clave de los formeros son arcos escarzanos con características similares a las ligaduras ya descritas. Por otro lado, están los arcos que parten de los arranques de los formeros, y que responden a una traza de semiarco tudor. Otra vez podemos observar que la curvatura de arranque de cada uno de estos semiarcos es de 0.90 m, mientras que la curvatura de coronación es de 4 m. Sin embargo, al contrario que en el caso de los arcos formeros (también arcos tudor), parece que en este caso la tangente de arranque sí es vertical. Por ello se puede ver cómo a la hora de diseñar la bóveda, el autor cuenta con el recurso de variar ligeramente la tangente de salida del arco para obtener la altura final deseada en cada caso.

Por último, y a la vista de los resultados obtenidos para los arcos ojivos, perpiaños, formeros y terceletes, se puede destacar que en todos ellos la curvatura de arranque es de 0.90 m, mientras que en su coronación existe un conjunto de radios de curvatura de 4 m, 8 m, 10 m y 12 m aproximadamente.

Elementos constructivos de la bóveda

Una vez conocidas las directrices de cada arco, con sus puntos de arranque y sus curvaturas, es importante analizar cómo han sido ejecutados los principales

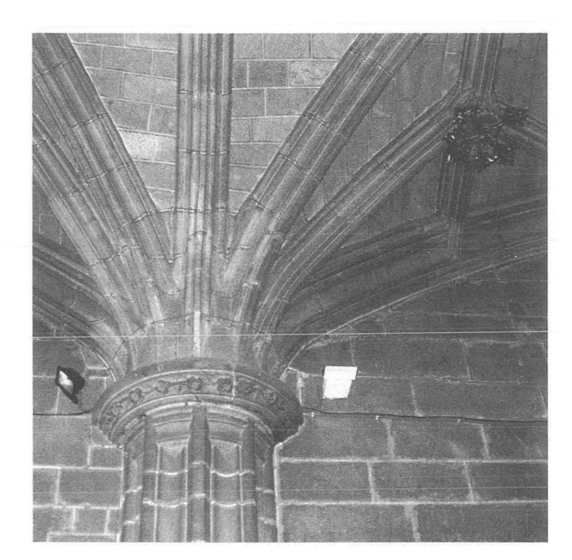


Figura 14
Detalle del arranque de los nervios de la bóveda

elementos constructivos de la bóveda.

En primer lugar observamos los arranques (fig. 14). Como se puede ver, las jarjas situadas en los cuatro apoyos, A1, A7, E1 y A7, son el resultado de la intersección del volumen del pilar circular adosado al muro con cada uno de los nervios que de él arrancan. En este punto concurren los arcos ojivos, formeros, perpiaños y terceletes, de modo que en un primer momento se encuentran insertados completamente en el volumen del pilar, y salen de él a medida que avanza el arco. Ocurre de modo contrario que en otras bóvedas, donde los nervios mantienen perfectamente definido su perfil desde el comienzo. Sin embargo, como es usual en las jarjas, las hiladas tienen lechos horizontales, avanzando los arcos por vuelos sucesivos, hasta que se separan los nervios. En este punto se halla el salmer, la última hilada común, cuyo lecho superior ya no es horizontal, sino que está tallado según los planos perpendiculares a cada nervio, sirviendo como base de arranque para las dovelas. Esto se puede apreciar claramente por el cambio de dirección de las juntas.

Sobre las dovelas de los arcos es difícil establecer una ley que regule su longitud. Se puede observar que, en general, las dovelas son más cortas allí donde la curvatura es menor.

La altura de cada una de las claves queda definida por el punto de intersección de los arcos. Estas piezas están formadas por cilindros verticales de diámetro variable, que es mayor, en general, cuanto mayor es el número de nervios que acometen a la clave. Es algo bastante lógico, puesto que es necesario un mayor perímetro para recibir un número de arcos más elevado, aunque en ocasiones estos nervios se juntan antes de llegar a la clave. La cara inferior de las claves es plana, de modo que en el centro se ha realizado un orificio para poder colgar una serie de motivos decorativos alusivos a la vinculación de la iglesia con la monarquía, en este caso de los Reyes Católicos (fig. 15).

Finalmente, se puede observar que los plementos están formados por hiladas de ladrillo que presentan una disposición de tradición francesa,[8] es decir, perpendicular a los arcos perpiaños y formeros en cada uno de los cuatro sectores definidos por los arcos ojivos. Esto provoca que en las zonas donde la superficie tenga una curvatura grande, como son las zonas cercanas a los apoyos, las hiladas no sean paralelas entre sí. No obstante, se puede apreciar una magnífica ejecución del plemento, que requiere de pocas piezas intermedias para el ajuste de las hiladas. En este aspecto favorece la existencia de las ligaduras trans-

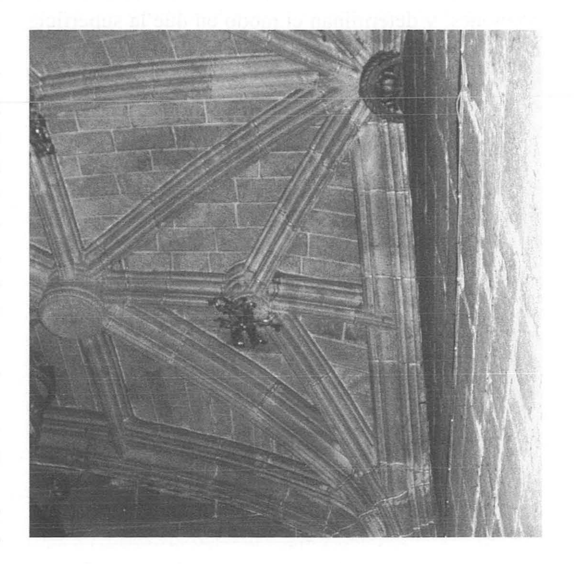


Figura 15
Detalle de las claves

versales y longitudinales, que en todo momento encuadran y definen la dirección de las piezas de cada sector de la plementería.

Conclusiones

Tras el análisis detallado de la geometría de la bóveda y de su construcción, existen una serie de aspectos importantes que conviene destacar a modo de resumen. En primer lugar se pone de relieve el profundo conocimiento de la geometría y el ingenio constructivo que encierra esta obra. Efectivamente, podemos apreciar un auténtico catálogo de recursos geométricos en el diseño de sus nervios, con ejemplos de arcos escarzanos, carpaneles, arcos tudor, lo cual demuestra un gran control de la estereotomía. Y son estos recursos los que permiten proyectar la bóveda para conseguir una forma global predefinida. No hay que olvidar que la premisa de partida está condicionada por la escasa altura a la cual debe situarse la bóveda, y es el mérito del autor el conseguir la volumetría deseada con el rebaje necesario.

Sin embargo, esta multiplicación de nervios no está sujeta únicamente a motivos formales, sino que aportan grandes ventajas constructivas. Por un lado, la red de nervios constituye un esqueleto sobre el que apoyar la plementería. Al aumentar el número de arcos, disminuyen las luces a cubrir por los plementos, y, por lo tanto, desaparece la necesidad del uso de cimbras para apearlos, puesto que pueden ser apoyados directamente sobre los nervios. Además, al quedar dividida por las ligaduras la superficie según las direcciones principales de la bóveda, se favorece una mejor ejecución del plemento, con un acabado más controlado y preciso. En este sentido, el conjunto de la nervadura ejerce como un auténtico medio auxiliar de obra a modo de extraordinaria cimbra perdida pétrea. Por otro lado, aunque la gran variedad de tipos de arcos es evidente, sí que se reconoce un esfuerzo por lograr una cierta estandarización en los elementos. Prueba de ello es el hecho de que todos los arcos de circunferencia que arrancan desde las jarjas (ojivos, formeros, perpiaños y terceletes), lo hacen con un mismo radio de curvatura de 0.90 m. De este modo, con un mismo patrón se tallan todas estas dovelas, aunque posteriormente, como hemos visto, se controle el punto de llegada variando la dirección de la tangente de salida, que no siempre es vertical. Frente a la complejidad formal, existe un gran ingenio para lograr la simplificación de la ejecución de la obra.

Con este estudio se ha pretendido poner de manifiesto la importancia de las obras tardogóticas españolas, que han sido injustamente tratadas y tildadas de decadentes. Frente a las bóvedas cuatripartitas del siglo XIII de pesadas nervaduras, estas obras de los siglos XV y XVI aportan una mayor ligereza y sofisticación, con la ayuda de un despliegue de nervios capaces de responder a cualquier necesidad geométrica. Si la introducción del arco apuntado supuso un avance en el comportamiento mecánico de la estructura y en la optimización del proceso constructivo, la multiplicación de nervios permite la eliminación de las cimbras para la ejecución de la plementería, la cual se ejecuta además con un mayor rigor geométrico. Mientras que en la bóveda cuatripartita del gótico clásico las superficies surgían a posteriori tras el diseño de los arcos ojivos, perpiaños y formeros, en nuestro caso existe previamente una concepción de la volumetría, tras la cual se determinan los arcos necesarios para conseguirla, gracias a un control y dominio absoluto de su geometría. En cierto sentido, existe un pensamiento más centrado en la superficie y en el volumen que en la línea, lo cual no es de extrañar puesto que estas obras surgen en un periodo en el que las ideas renacentistas están llegando con fuerza. Como se puede apreciar, la tradición medieval gótica, con sus principios constructivos, sigue plenamente viva más allá de los límites de la Edad Media, y de este modo, «los abovedamientos góticos del Renacimiento representan la cima de la estereotomía y geometría medieval». (Palacios 2005)

Notas

1. En la época clásica del gótico, las bóvedas presentan una planta de proporciones más rectangulares.
2. El triángulo de Pitágoras es el triángulo rectángulo cuyos catetos miden 3 y 4 unidades respectivamente, y la hipotenusa 5 unidades.
3. Como excepción se encuentra la obra de Juan de Álava, que se caracteriza por la creación de sofisticadas y continuas redes mediante nervios que pasan desde unos tramos hasta los contiguos.

4. Arcos con tres centros y dos curvaturas. De este modo poseen una curvatura para los dos segmentos de arranque y otra distinta para el segmento de coronación.
5. Arcos con cuatro centros y dos curvaturas. Son similares a los arcos ovales o carpaneles con la excepción de que no tienen tangente horizontal en la clave, sino que son apuntados.
6. La elipse es el lugar geométrico de los puntos cuya suma de las distancias a los dos focos es constante.
7. Arcos rebajados, sin tangente vertical en su arranque.
8. Frente a la tradición francesa, se desarrolló la técnica anglonormanda, consistente en disponer las hiladas de la plementería de forma perpendicular a los nervios ojivos, con el objetivo de conseguir hiladas paralelas entre si y a una misma cota horizontal.

LISTA DE REFERENCIAS

Marías, Fernando. 1992. *El siglo XVI. Gótico y Renacimiento*. Madrid: Sílex.

Palacios, José Carlos. 2005. Las bóvedas de crucería rebajadas: criterios de diseño y construcción. En: *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción,* vol. 2.

Rabasa, Enrique. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX.* Madrid: Akal.

Riviera, Javier. *Catálogo Monumental de Castilla y León.*

Viollet-le-Duc, Eugene. 1996. *La construcción medieval.* Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Willis, Robert. 1842. On the construction of the vaults of the middle ages. *Royal Institute of British Architects*. 1: 1–69.

Los tratados de arquitectura como fuentes para el estudio de la escalera renacentista

Jorge Martínez Montero

El análisis detallado de la gestación y posterior evolución de la escalera como elemento constructivo, estructural y funcional en el conjunto de un edificio, ha sido una constante a lo largo de los últimos años, siendo objeto de estudio por parte de disciplinas como la arquitectura y la historia del arte.

Considerado uno de los principales testimonios escritos de información para la historia de la construcción: los tratados de arquitectura nos dan a conocer de manera directa el punto de partida previo a la proyección arquitectónica, actuando como verdaderos modelos de inspiración en reconocidos arquitectos y maestros de obras.

Desde el descubrimiento de un auténtico manual de arquitectura de la antigüedad, la obra «diez libros de arquitectura» de Marco Vitruvio Polión (h. 90–20 a. c.), hasta el final de la Edad Media, con obras como «de re aedificatoria» de León Battista Alberti (1404–1472), «el tratado de arquitectura» de Antonio Averlino Il Filarete (1400–1465), el «tratado de arquitectura, ingeniería y arte militar» de Francesco di Giorgio Martini (1439–1501); y fundamentalmente en el transcurso del mundo moderno, con los tratados de Giacomo Barozzio da Vignola (1507–1573), «regla de los cinco órdenes de arquitectura», Andrea Palladio (1508–1580), «cuatro libros de arquitectura», o Sebastiano Serlio (1475–1553/55), «siete libros de arquitectura»; un largo número de tratadistas italianos expondrán sus verdaderos avances sobre el cálculo, dibujo y trazado de las escaleras.

El detallado análisis de los mismos, nos va a permitir adentrarnos en el proceso constructivo de los máximos exponentes de escaleras renacentistas en los focos hispano, italiano o francés.[1]

La escalera en la arquitectura renacentista

El origen y desarrollo de un elemento arquitectónico común a lo largo del mundo artístico del Renacimiento, tiene como punto de partida la presencia obligada de modelos tomados de la antigüedad.[2]

Con la llegada del mundo clásico, el empleo de formas escalonadas se reduce a diversos tipos arquitectónicos, tales como la existencia de imponentes gradas en teatros o anfiteatros, dedicados al campo de la representación, circos, como máxima expresión lúdica del esparcimiento, o estilobatos; estos últimos, concebidos como robustos basamentos sobre los que se levantaban un gran número de palacios y templos. Sin olvidar la existencia, sobre todo en la urbe romana, de simples escaleras de madera, de peldaños macizos, o en voladizo, propias del uso funcional de una vivienda urbana.

Ya en el medievo, adquiere un cariz mucho más técnico y unitario, aunque de estricta funcionalidad, presente en la construcción de angostas escaleras espirales o de caracol, conceptualmente sencillas pero técnicamente complejas, en edificios defensivos como torres de castillos, o de carácter religioso, como iglesias y monasterios.

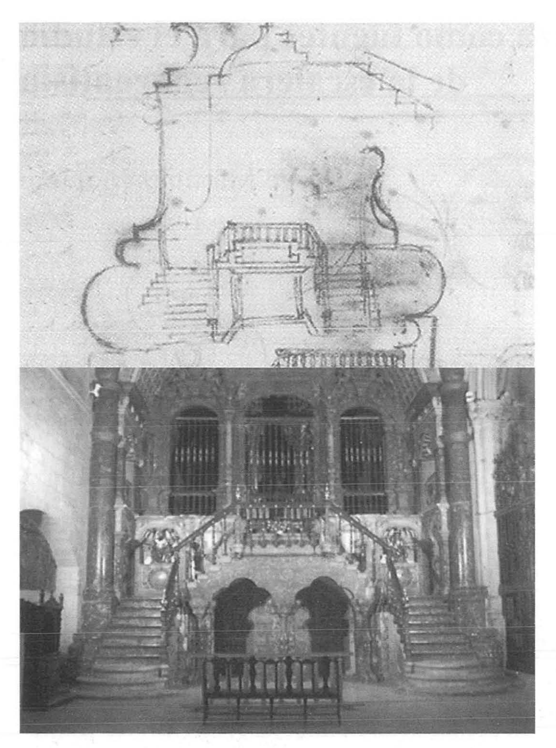


Figura 1
Miguel Ángel Buonarroti. Boceto de escalera para el vestíbulo de la Biblioteca Laurenziana, Florencia. Casa Buonarroti, 92 A r. Escalera de la Capilla de San Pedro en la Catedral de Burgo de Osma, Soria

La transición de los siglos del gótico, deja paso al resurgimiento de nuevas tipologías de escaleras, el primero de ellos, muy empleado en la arquitectura hispana, el tipo calificado como «claustral», por su primitiva ubicación, cobra mayor fuerza en interiores, mientras que al exterior, se opta por el empleo de majestuosas escalinatas, elementos de transición entre la arquitectura y el ambiente circundante (Sánchez-Robles Beltrán 1988).

Es ahora, en pleno siglo XVI, cuando da comienzo la experimentación teórica y práctica de la escalera, teniendo como principales campos de actuación, tres focos muy diferenciados: España, Italia y Francia. Triada de países europeos, entre los que, histórica y artísticamente, convergían un cúmulo de interconexiones e influencias.

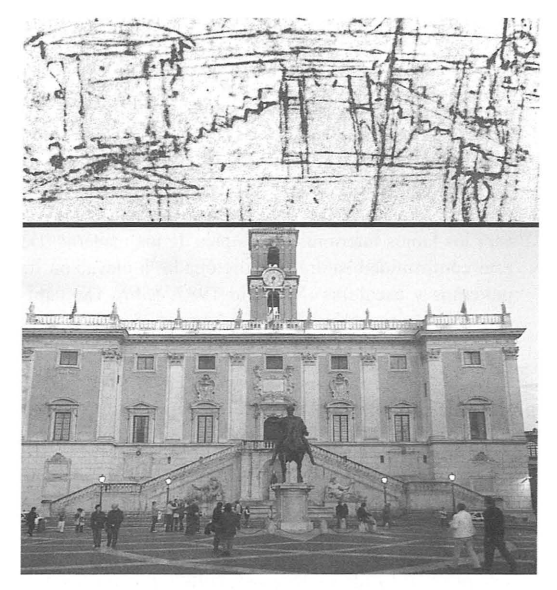
El primero de ellos, cumbre del movimiento renaciente, es Italia. Su precoz evolución en el terreno de la experimentación arquitectónica, hará que influya de manera directa a un gran número de escaleras, aspecto que se hace extensible a muchas de las construcciones contemporáneas. Valgan como muestra, algunas de las escaleras italianas más significativas, entre las que se encontraría la escalera que proyecta Bramante para el Cortile del Belvedere (1503–1512), en Roma, que serviría de modelo a otras tantas españolas, como la Escalera Dorada de la Catedral de Burgos (1519–1523), obra paradigmática del renacimiento hispano en la que se quiere ver una cierta vinculación con la escalera de la Capilla de San Pedro, en la catedral soriana de Burgo de Osma (1530–1541), atribuida al maestro Pedro de la Piedra. Tal afirmación, (Wethey 1964; Bustamante García 1985) queda refrendada por la hipótesis de un posible modelo de inspiración en los bocetos que Miguel Ángel realiza en 1524 para la escalera del vestíbulo de la Biblioteca Laurenziana (fig. 1).

La interrelación entre ambos focos es doble, si apreciáramos una cierta analogía, por ejemplo, entre las gradas convexas y volutas cartilaginosas, de acceso a la obra siloesca, y las de la escalera miguelangelesca, posterior en el tiempo, de la citada Librería Laurenziana, en Florencia, proyectada por Miguel Ángel y no materializada hasta 1558 (fig. 2).

El propio Miguel Ángel, diseña en el año 1539, una magnífica escalinata monumental para la remo-



Figura 2
Diego de Siloe. Escalera Dorada en la Catedral de Burgos (detalle). Miguel Ángel Buonarroti. Escalera del vestíbulo de la Biblioteca Laurenciana, Florencia (detalle)



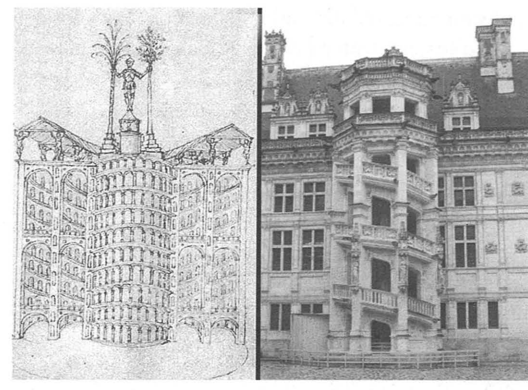


Figura 4
Casa de la virtud y del vicio, en la ciudad de Sforzinda. Libro XVIII, Tav. 108, fol. 144 r (Filarete 1972). Escalera del ala de Francisco I en el Castillo de Blois

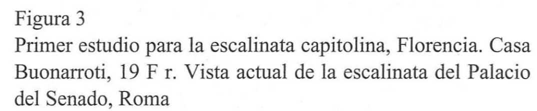


Figura 3
Primer estudio para la escalinata capitolina, Florencia. Casa Buonarroti, 19 F r. Vista actual de la escalinata del Palacio del Senado, Roma

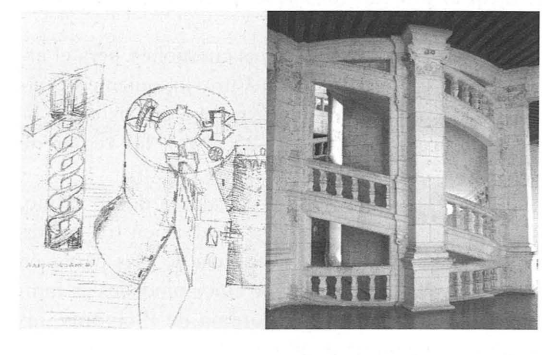


Figura 5
Esquema de escalera helicoidal doble. Fol. 69 r (Da Vinci 1990). Escalera de la sala central del Castillo de Chambord

delación del edificio del Senado, en la Plaza del Capitolio en Roma; elemento de clara inspiración bramantesca, que no se materializará hasta años más tarde, formando parte de un emergente espacio urbano, al que se accede por una nueva rampa, conocida como cordonata (fig. 3).

Otro tipo de escaleras a tener en cuenta; las adscritas al foco genovés, muy evolucionadas, de trazado ancho, ascensión ligera y espaciosa, son algunas de las características que comparten ejemplos tan reseñables como la escalera del Palacio Carrega-Cataldi (1564), obra del genial Giambattista Castello «el Bergamasco», o la escalera del Palacio del Municipio (1568), de Doménico y Giovanni Ponzello (Maniglio Calcagno 1970). Esta última, copia las escaleras imperiales hispanas del Alcázar de Toledo y del Viso del Marqués, en Ciudad Real.

En el caso de Francia, notables son las escaleras del ala de Francisco I (1515–1525) del Castillo de Blois, y la escalera emplazada en la sala central del Castillo de Chambord (1519–1547) (Guillaume 1985). La primera de ellas, tiene como fuente de inspiración el modelo de la casa de la virtud y del vicio extraído del tratado de arquitectura de Filarete, mientras que la segunda rememora a la traza experimental que Leonardo da Vinci realiza en sus escritos de escalera de caracol doble para el interior de una fortaleza militar hacia 1487–1489 (figs. 4 y 5).

En último término, uno de los mayores avances en la evolución tipológica de la escalera renacentista, viene de la mano de un tipo de escalera que surgirá en los últimos coletazos del Renacimiento, denominada con el nombre de «imperial», permitirá la adquisición de nuevas concepciones espaciales y funcionales, que posibilitarán la plasmación del dinamismo en la ar-

quitectura a través del movimiento, convirtiéndose en uno de los elementos protocolarios de poder más característicos de los insignes palacios barrocos (Ureña Uceda 2002).

Los tratados de arquitectura y la escalera renacentista

La tratadística renacentista, es considerada una de las principales aportaciones al campo de la arquitectura en la Edad Moderna, su incipiente desarrollo por parte de un gran número de teóricos del arte de edificar, permitió el conocimiento y posterior experimentación directa de consagrados arquitectos y maestros de obras. Como fuentes documentales, recogen en algunos de sus apartados, reglas u órdenes, aspectos alusivos a la construcción de escalas, gradas o escaleras, permitiendo con ello un acercamiento al proceso evolutivo de sus diferentes tipologías.

El primero en estudiar estas cuestiones, será el arquitecto e ingeniero romano Vitruvio, quien en el siglo I antes de nuestra era, expondrá en sus «diez libros de arquitectura» (35–25 a. c.), las reglas de dimensionamiento de las escaleras (fig. 6).

La regla perteneciente a escaleras de un tramo, consistía en dividir la altura a salvar en tres partes iguales, llevando cuatro veces una de esas partes en planta, dando como resultado cinco unidades en rampa, mera aplicación del teorema de Pitágoras, las cuales se organizaban en una, dos o tres rampas sucesivamente:

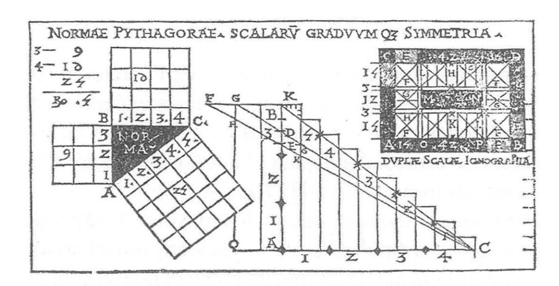


Figura 6
Teorema pitagórico del cuadrado de la hipotenusa aplicado al trazado de las escaleras. Lámina IX, fol. CXLV v (Cervera Vera 1978)

> Esta invención, al paso que es útil en las dimensiones y otras muchas cosas, es expedita para la construcción de las escaleras en los edificios, a fin de darlas la mas cómoda proporción de peldaños; porque dividiendo en tres partes la altura que hay desde el filo superior del alto hasta el suelo, cinco de ellas será la longitud inclinada de los maderos: pues contando cuatro partes iguales a las primeras, desde el perpendículo adelante, allí vendrán a caer los labios interiores de los pies de los maderos. De esta conformidad saldrá proporcionada la elevación de peldaños y escaleras (Vitruvio 1987. Libro IX, capítulo II).

En relación a la construcción de gradas en los templos, insistía en la construcción de un número impar de las mismas, de acuerdo a unas medidas muy concretas de la huella y tabica de los peldaños:

> Las gradas en la frente se harán siempre impares, para que empezándolas a subir con el pie derecho, sea este el que primero llegue al llano del templo. La elevación de las gradas juzgo no debe ser mayor de diez pulgadas, ni menor de nueve, pues así no será dura la subida. La huella de las mismas no será menos de pie y medio, ni más de dos. Si a los otros tres lados del templo hubiere también gradas, se harán como las de la frente, pero si se cerraren de podium, se harán de modo que su zócalo, basa, dado, corona y gola coincidan con los tales miembros del pedestal que está debajo de la basa de cada columna (Vitruvio 1987. Libro III, capítulo III).

Muchos de estos aspectos tan relevantes, serán retomados por quienes trataron de interpretar a Vitruvio a través de las múltiples ediciones latinas de su obra, como la de 1511 de Fra Giocondo de Verona en Venecia, o la de 1521 de Césare Cesariano en Como; testimonios ilustrados todos ellos, que servirán de modelo y fuente de inspiración para el trazado de las escaleras durante toda la Edad Moderna (Cervera Vera 1978; Ciaponni 1984).

Paralelamente a la eclosión del vitruvianismo, e incluso mucho antes de las citadas versiones impresas, va a surgir un novedoso tratado de arquitectura elaborado por el sienés Francesco di Giorgio Martini bajo el epígrafe «tratado de arquitectura, ingeniería y arte militar». Elaborado entre los años 1470 y 1490, se preocupa por dar a conocer el trazado planimétrico de numerosas escaleras en algunas de sus láminas «piante di abitazioni, piante di case private o piante di case private di varia foggia». En todas ellas se reconoce el valor específico de la escalera, formando

parte de un conjunto, en este caso, a la hora de diseñar una serie de plantas para habitaciones, palacios o casas privadas, pertenecientes a artistas, mercaderes o estudiantes de la Italia quattrocentista (fig. 7).

Como aportación más relevante, introduce dos escaleras totalmente innovadoras para su época, la primera de ellas es la que él califica como escalera de caracol de planta cuadrada, no es más que una escalera claustral de tres tramos de caja abierta, modelo que tomarán muchos ejemplos hispanos del primer renacimiento, como las escaleras toledanas del monasterio de San Juan de los Reyes (1526–1534) o del hospital de la Santa Cruz (1521–1522), en las que bajo las trazas de Enrique Egas, se advierte la presencia del arquitecto Alonso de Covarrubias.

El segundo de los modelos que introduce el italiano, será el calificado por el teórico Nikolaus Pevsner (1994, 240–241) como escalera de planta en forma de T, empleado por Bramante en su ya citada escalera del Patio Belvedere del Vaticano, y que servirá de inspiración según Wethey (1943, 328) a una de las escaleras paradigmáticas en el corpus hispano, la ensoberbecida Escalera Dorada (fig. 8). La misma tipología, aparece de manera testimonial en el contemporáneo «tratado de arquitectura» escrito entre los años 1461 y 1464, del florentino Antonio Averlino Filarete, a la hora de escoger un sistema ascensional en el castillo de la ciudad ideal de Sforzinda (fig. 9).

Otro de los tratadistas a tener en cuenta en la evolución de la escalera del Renacimiento, es el vanagloriado León Battista Alberti, quien en sus diez libros de arquitectura, conocidos como «De Re Aedi-

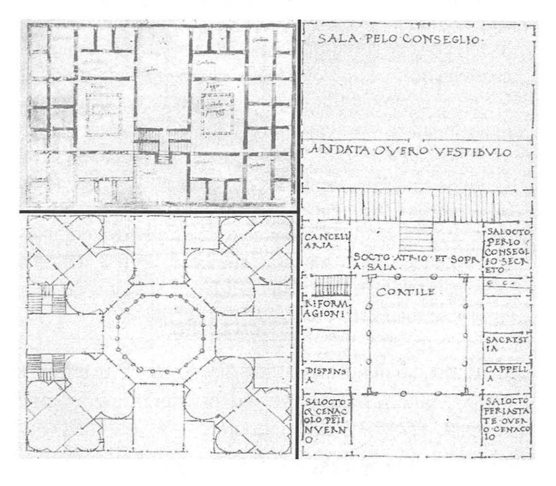


Figura 8
Modelos de escalera de caracol de planta cuadrada, en planta de habitación principesca. Tav. 208, fol. 24 v (inferior izquierda). Modelo de escalera en forma de T, en planta palaciega (superior izquierda) y del Palacio de la República (derecha). Tav. 32, fol. 18 v y Tav. 206, fol. 23 v (Giorgio Martini 1967)

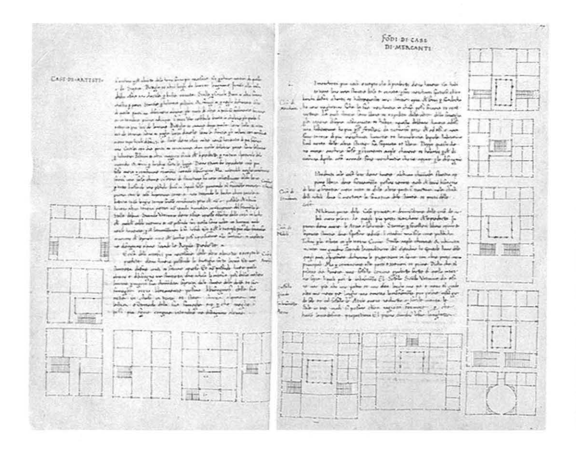


Figura 7
Modelos de plantas para casas privadas de artistas y mercaderes. Tav. 192, fol. 16 v y Tav. 193, fol. 17 r (Giorgio Martini 1967)

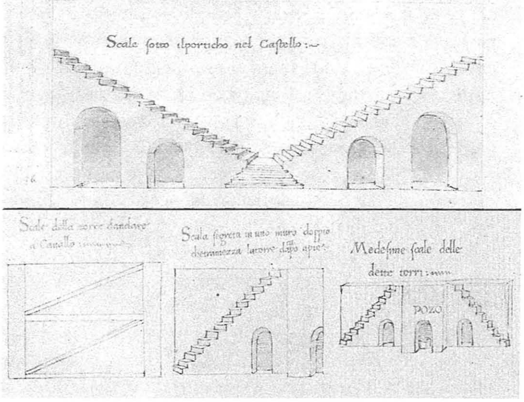


Figura 9
Modelos de escaleras para pórtico y torre del castillo de la ciudad de Sforzinda. Libro VI, Tav. 15, fol. 38 v y Tav. 17, fol. 39 v (Filarete 1972)

ficatoria» y redactados entre 1442 y 1452, aborda de manera testimonial y sucinta el proceso constructivo de las escaleras en los edificios:

> La construcción de escaleras es una empresa más ardua de lo que serías capaz de hacer sin una reflexión madurada y reposada . . . dicen que las escaleras son un obstáculo en el diseño de edificios. Pero quienes quieren que las escaleras no sean un obstáculo, que no pongan obstáculos a las escaleras. En efecto, deberán reservar un lugar determinado y exclusivo de la superficie, a través del cual haya un acceso expedito y sin obstáculos hasta la techumbre que está al aire libre. Y que no te preocupe el hecho de que se ocupe un espacio tan grande de la superficie con las escaleras: en efecto, serán de bastante utilidad en aquel lugar, mientras que no serán una molestia para las restantes partes del edificio (Alberti 1991. Libro I, capítulo XIII).

Influido por las imperantes directrices vitruvianas, establece una aplicación de las escaleras meramente funcional, acorde a valores como la practicidad, comodidad y dignidad de las mismas en el conjunto de los edificios.

> Las pendientes acostumbraron a construirlas nuestros antepasados . . . según he constatado a partir de sus edificios, consideraron que eran suficientemente cómodas aquellas que hubieran sido construidas de modo que la vertical de la altura fuera igual a la sexta parte de la longitud total de la escalera. En cuanto a los peldaños, lo que mejor les pareció es que fueran impares, sobre todo los de los templos: en efecto, dicen que de ese modo se consigue que entremos en el templo con el pie derecho, hecho que consideran relacionado con el ritual. Y me he percatado de que los buenos arquitectos tuvieron por norma no construir casi nunca escaleras de más de siete o nueve peldaños sin interrupción, creo que por imitar el número de los planetas o de los cielos. Pero intercalaban muy acertadamente un rellano cada siete o nueve escalones, para que las personas débiles tuvieran donde descansar del esfuerzo realizado al subir y pudieran hacerlo poco a poco, y para que, si por azar se daba el caso de que rodaran los que subían, tuvieran un lugar donde se detuviera su caída y pudieran recuperarse.
>
> Y a mí mismo me parece pero que muy bien que las escaleras estén interrumpidas por sus rellanos, y que sean luminosas y sean anchas y espaciosas en función de la dignidad del edificio. Por otro lado, consideraban que había que diseñar los escalones de forma que no superaran los tres cuartos de pie ni tuvieran menos de la sexta parte de un pie de altura, y de forma que su profundidad no fuera de menos de un pie y medio ni de más de dos pies. En el conjunto del edificio las escaleras serán tanto más prácticas cuanto menor sea su número y menos superficie ocupen (Alberti 1991. Libro I, capítulo XIII).

En pleno siglo XVI, la llegada de la obra de los tratadistas del clasicismo italiano, marcará un antes y un después en la gestación de la escalera renacentista, sus tratados y estudios de arquitectura, fueron consultados por afamados arquitectos, deseosos de proyectar novedosas escalinatas en sus nuevas construcciones. Es ahora cuando se introducen nuevos conceptos, referentes a la comodidad, amplitud e iluminación de las escaleras, su carácter presencial y escenográfico se hace visible en los exteriores de las casas, villas o palacios.

Como novedad, Sebastiano Serlio, en el libro II de sus «siete libros de arquitectura» (1556) partiendo como premisa de la necesidad de las escaleras en los edificios, representa en escorzo, de perfil y en perspectiva, diferentes tipos de escaleras en voladizo (fig. 10). Vignola, sin embargo, a pesar de eludir el estudio de la escalera en su obra «regla de los cinco órdenes de arquitectura» (1562), va a imprimir un marcado movimiento y predominio de la línea curva en imponentes escalinatas de las villas palaciegas, como la Villa Farnese en Caprarola (1559–1573).

Andrea Palladio, en cuyo tratado «cuatro libros de arquitectura» (1570), se aprecia una profunda influencia Albertiana, dedica íntegramente el capítulo

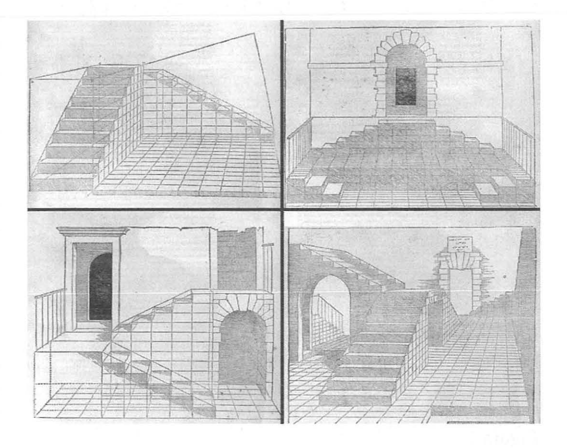


Figura 10
Tipos de escaleras en escorzo, de perfil y en perspectiva. Libro II, fig. 41–42 (Serlio 1986)

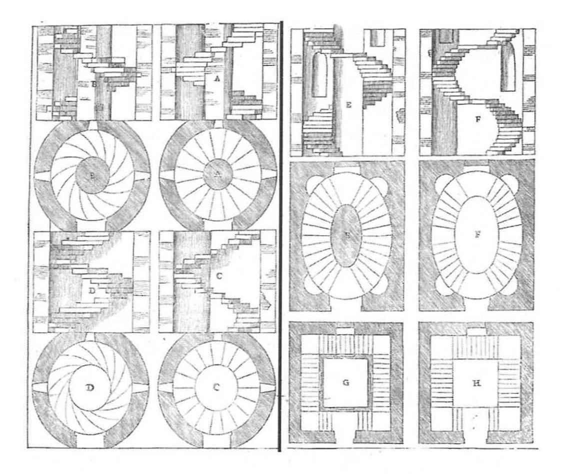


Figura 11
Modelos de escaleras de caracol de planta circular, ovalada y cuadrada. Libro I, capítulo XXVIII. (Palladio 2003)

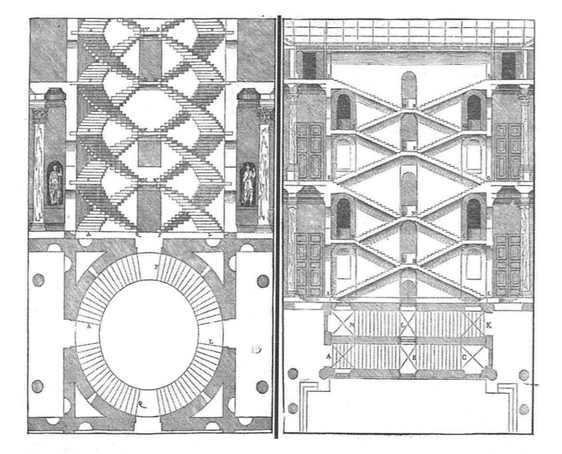


Figura 12
Escalas en caracol del castillo de Chambord. Libro I, capítulo XXVIII. (Palladio 2003)

XXVIII a la construcción de escaleras, sus diversos tipos, número y tamaño de los peldaños. Su principal aportación residirá en la creación de un tipo de escalera de caracol de forma oval que constituirá un nuevo referente en el diseño de escaleras, adoptándose como solución arquitectónica años más tarde en el Palacio Barberini de Roma por Carlo Maderno (1634), ya que el diseño de las análogas escaleras de caracol de varias rampas que propone había sido construido décadas antes en el citado Castillo de Chambord (figs. 11 y 12).

En último término y a modo de conclusión, se han de reseñar las aportaciones de prolíficos teóricos del renacimiento italiano, como Bartolomeo Ammannatti (1511–1592) o Vincenzo Scamozzi (1552–1616), quienes sucumbieron a la ineludible presencia de la escalera en sus más conocidas vertientes tipológicas (Ammannati 1970; Scamozzi 1982).

Notas

1. Para un mayor acercamiento al papel de la escalera en la tratadística, véase: Gambardella (1993) y Ureña Uceda (2007).
2. Para ahondar en el estudio de la escalera en la antigüedad occidental, dejando a un lado el mundo de las culturas mesoamericanas, véase: Valenzuela Montalvo (1998).

Lista de referencias

Alberti, Leon Battista. [1485] 1991. *De Re Aedificatoria*. Madrid: Akal.

Ammannati, Bartolomeo. 1970. *La cittá: appunti per un trattato*. Roma: Officina Edizioni.

Arnau Amo, Joaquín. 1987. *La teoría de la arquitectura en los tratados. Vitruvio*. Vol. 1. Madrid: Tebar Flores.

Arnau Amo, Joaquín. 1988a. *La teoría de la arquitectura en los tratados. Alberti*. Vol. 2. Madrid: Tebar Flores.

Arnau Amo, Joaquín. 1988b. *La teoría de la arquitectura en los tratados. Filarete, Di Giorgio, Serlio, Palladio*. Vol. 3. Madrid: Tebar Flores.

Averlino Detto Il Filarete, Antonio. 1972. *Trattato di architettura*. Milán: Il Polifilo.

Bustamante García, Agustín. 1985. La influencia italiana en la escalera española del Renacimiento. *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, 171–174. París: Picard.

Cervera Vera, Luis. 1978. La edición vitruviana de Cesare Cesariano. *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*, 47: 29–181.

Cevese, Renato. 2005. Palladio e le scale. *Annali di architettura. Rivista del Centro internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio di Vicenza*, 17: 107–113.

Chastel, André y Guillaume, Jean. 1988. *Les traités d'architecture de la Renaissance*. París: Picard.

Chueca Goitia, Fernando. 2001. Los tratados de arquitectura, su valoración y trascendencia. *Tratados de arquitec-*

tura de los siglos XVI-XVII, 21–32. Valencia: Generalitat Valenciana.

Ciaponni, Lucía A. 1984. Fra Giocondo da Verona and his Edition of Vitruvius. *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, 47: 72–90.

Gambardella, Cherubino. 1993. La scala nella trattatistica: disegno, teoria e tecnica. *L'architettura delle scale. Disegno, teoria e tecnica*, 25–90. Génova: Sagep Editrice.

Giorgio Martini, Francesco di. 1967. *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*. Milán: Il Polifilo.

Guillaume, Jean. 1985. L'escalier dans l'architecture française: la premiére moitié du XVI siécle, *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, 27–47. París: Picard.

Maniglio Calcagno, Annalisa. 1970. L'atrio-scala genovese del Rinascimento, *Cuaderno della Universitá degli studi di Genova*, 3: 7–96.

Mielke, Friedrich. 1999. *Treppen der Gotik und Renaissance*. Scalalogia, 9. Fulda.

Morimando, Barbara. 2002. I quattro libri dell'architettura di Andrea Palladio: la scala come tema architettonico. *Studi storici Luigi Simeoni: annuario Istituto per gli Studi Storici veronesi*, 52: 61–84.

Orazi, Anna María. 1982. *Jacopo Barozzi da Vignola 1528–1550. Apprendistato di un architetto bolognese*. Roma: Bulzoni Editore.

Palladio, Andrea. [1570] 2003. *Los cuatro libros de arquitectura de Andrea Palladio. Traducidos por Juan del Ribero Rada*. Colección Humanistas Españoles, 27. Salamanca: Junta de Castilla y León, Universidad de León.

Pevsner, Nikolaus. [1943] 1994. *Breve historia de la arquitectura europea*. Madrid: Alianza Forma.

Sánchez-Robles Beltrán, Cecilio. 1988. *Composición: La escalera I. La innovación tipológica en arquitectura: las nuevas escaleras post-medievales*. Valencia: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia.

Scamozzi, Vincenzo. [1615] 1982. *L'idea della architettura universale*. Bolonia: Arnold Forni.

Serlio, Sebastiano. [1619] 1986. *Todas las obras de arquitectura y perspectiva de Sebastian Serlio de Bolonia*. Oviedo: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Asturias.

Ureña Uceda, Alfredo. 2002. *La Scala Imperiale. Le sue origini e sviluppo nei territori spagnoli in Italia durante i secoli XVI e XVII*. Tesis Doctoral inédita. Universitá degli Studi di Bologna.

Ureña Uceda, Alfredo. 2007. A propósito del tema de la escalera en la tratadística italiana y española de la Edad Moderna. Artículo inédito. En prensa.

Valenzuela Montalvo, Eva Naría. 1998. Evolución de las escaleras desde la antigüedad. *Actas del II Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, A Coruña: 489–497.

Vignola, Giacomo Barozzi da. [1562] 1981. *Regla de los cinco órdenes de arquitectura*. Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia.

Vinci, Leonardo da. [1960] 1990. *I Manoscritti dell'Institut de France*. Florencia: Giunti Barbéra.

Vitruvio Polión, Marco. [1787] 1987. *Los Diez Libros de Arquitectura*. Madrid: Akal.

Vitruvio Polión, Marco. [1550–1570] 1999. *Los X Libros de Arquitectura. Según la Traducción Castellana de Lázaro de Velasco*. Cáceres: Cicon Ediciones.

V.V.A.A. 1988. *Los tratados de arquitectura: de Alberti a Ledoux*. Edición a cargo de J. A. Ramírez. Madrid: Hermann Blume.

V.V.A.A. 2000. *Tratados de arquitectura, urbanismo e ingeniería*. Serie V, vol. 13. Recurso electrónico editado por J. E. García Melero. Madrid: Fundación Histórica Tavera.

V.V.A.A. 2001. *Tratados de arquitectura de los siglos XVI-XVII*. Valencia: Generalitat Valenciana.

V.V.A.A. 2003. *Teoría de la arquitectura: del renacimiento a la actualidad*. Madrid: Taschen.

V.V.A.A. 2005. *Selección de Tratados españoles de Arquitectura y Construcción, ss. XVI-XX*. Fuentes para la Historia de la Construcción. Recurso electrónico editado por S. Huerta. Cádiz: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Cádiz.

Wethey, Harold E. 1943. The early works of Bartolomé Ordóñez and Diego de Siloe. *Art Bulletin*, 25: 226–238; 325–345.

Wethey, Harold E. 1964. Escaleras del primer renacimiento español. *Archivo Español de Arte*, 148: 295–305.

La Real Acequia del Jarama durante la época de Carlos IV. Los trabajos de Guillermo Minali

Rafael Merino

La acequia del Jarama nace con a necesidad de regadío de Aranjuez y de su vega. En el libro sobre *La Real Acequia del Jarama* de Pedro Delgado publicado por CEDEX–CEHOPU y otros se describe ampliamente los abarates que se ha visto sometida la acequia desde su fundación hasta nuestros días, esta comunicación solo pretende apartar nueva documentación para ampliar las referencias a la época de Carlos IV y a Guillermo Minali como ejecutor de las obras de las que se hace una pequeña referencia en dicho libro.

La ordenanza de 1740 y adicciones posteriores

En 1740 se publica la ordenanza de la Real Acequia (5 de enero de 1741, 17 de julio de 1743, 19 de agosto de 1744, 26 de septiembre de 1744, 30 de junio de 1754, 12 de septiembre de 1759, 13 de junio de 1764, (173) 4 de junio de 1767, 11 de junio de 1767, 24 de junio de 1767, 28 de agosto de 1767, 26 de noviembre de 1767, 7 de febrero de 1768, 8 de septiembre de 1769, 20 de abril de 1771, 17 de febrero de 1771 se agrega a la corona la acequia de colmenar de oreja con el régimen jurídico de la del Jarama y con el mismo gobernador) y se reimprime con las adicciones y un apartado para los trabajos a realizar en acequia de Colmenar sin fecha.

En el siguiente punto se incluyen capítulos concretos de la citada ordenanza y adiciones que nos permiten conocer datos tanto de sus dimensiones como del régimen de contratación de las obras y las poblaciones que se pretenden fundar para poder cultivar los nuevos regadíos:

> Las dimensiones acequia y zona de servidumbre
> En esta ordenanza se describen una serie de consideraciones acerca de las dimensiones que debe tener la acequia y su zona de servidumbre que son las siguientes: Desde el brocal de la presa hasta la casa del guarda del Soto de San Esteban tenga diez varas de ancho [8,36 m de ancho] de apertura de cajeros y seis varas [5 m] por cada lado y de allí hasta el final veinte varas [16,72 m] de ancho, una vara [0,836 m] el margen de arriba, de siete a ocho [5,85 a 6,88 m] para la caja y las restantes hasta veinte [16,72 m] para el margen y cajero de abajo
>
> Qué plantar
> No se puede plantar viñas u olivos, se podrá plantar grano trigo y cebada, legumbres, hortalizas, melones frutales debido a estas obligaciones que quedaban yermos los terrenos de cantizal y blanquizal por lo que posteriormente se modifica este decreto ante la cantidad de baldío que se aprecia cuando se recorre la acequia
>
> La contratación de las obras
> Capitulo XXXVIII
> Formalidades para hacer las obras, y reparos, y encargos al Maestro Mayor. Las obras y reparos que convenga hacer en la Real presa, Acequia, sus brocales, boquillas y puentes, y demás que en ella ocurra, deberá antes reconocerlas el maestro mayor que Yo nombrare; Y formada relación exacta, e individual de su importe y materiales que se necesitan, Planos perfiles y Capítulos de Condiciones con que se deban practicar, en su vista, y a continuación,

proveerá al Gobernador autorización para que se saque el pregón para hacer remate jurídico de ellas en el mejor postor, a cuya diligencia deberá concurrir con el Gobernador el Contador- Fiscal, y ambos el reconocimiento de la obra después de ejecutada, asistidos del Maestro Mayor, quien deberá dar certificación jurada de estar la obra a satisfacción, con las circunstancias capituladas para su mayor firmeza: con cuyos requisitos se despachara libramiento para que se haga el pago de su importe en los plazos que se estipulase; Pero en caso de no hacerse la obra por asiento, y que sea precisa ejecutarla por administración, nombrara el Gobernador, con la aprobación del contador, un sobrestante Interventor, que concurra con el Maestro Mayor para recibir los materiales, de que formaran Relación Individual, y los maestros oficiales, y Operarios, que estuviesen empleados, para que en virtud de estas listas, con el Visto Bueno del Gobernador, se despache libramiento para hacer el pago de los materiales a los dueños que lo hubiesen dado, y los jornales que devengaren los peones, oficiales maestros empleados, procurando en todo la mayor economía, y que se practique con integridad, y justificación correspondiente, en lo que deberán celar el Gobernador, y Contador dando algunas vistas a las obras que se ejecutasen, e Informándose de los maestros, peones, oficiales, y materiales, que se emplean en ellas, para las que se han de proveer las herramientas necesarias, que por su Relación firmada pida el Maestro Mayor, de la que ha de ser responsable, y el Sobrestante, o sobrestantes que nombrase el Gobernador.

Capitulo XLII
Rematado El Asiento, y hecha la Contrata, en que el escribano dará fe de la asistencia al remate del maestro Mayor, la firmara el que se obliga, el Gobernador y el Contador, diciendo el Gobernador: Apruebo este asiento o Contrato en nombre de S M a que seguirá la fecha, y su firma. El Contador dirá: Este Asiento o Contrato se ajusto, remato, y se aprobó con mi intervención, habiéndose observado las formalidades que S.M. manda. Advirtiéndose, que estos Asientos o Contratos, como cualquier otros ajustes que se hicieren, se han de depositar en la Contaduría como también los Interesados, que deberán ser a satisfacción del Gobernador, que me dará cuenta en Testimonio relacionado de lo actuado, por mano de mi secretario del Despacho estado, y aguardar mi Real aprobación para poner en posesión de la obra al Asentista en los artículos prevenidos en el Articulo LXXIX.

Capitulo XLIII
Además del encargo en que ha de entender el maestro Mayor de disponer de todas las obras, y cuidar de su sólida, y bien condicionada construcción: ha de ser de su obligación de dos en dos meses reconocerla desde la Presa hasta el fin de ella, por si hubiere algún reparo que hacer, o que los cajeros se deteriorasen en ellos, o otra obra, amenazase algún rompimiento; de cuya novedad dará lugar al Gobernador, a fin que disponga su remedio, antes que llegue al termino de su total ruina, y de crecidos gastos para el reparo, los que se podrán evitar precabiendolos con tiempo: y en caso de alguna tempestad, en que se reconozca, que la nube descargara en las vertientes de la Real Acequia, deberá ir el Maestro Mayor a reconocerla luego que haya pasado, por si las crecientes de las aguas, por algún descuido de los guardas de los términos, o vecinos de los pueblos inmediatos, en no acudir a los Sangradores a templarlas, como se previene en estas ordenanzas, hubiesen causado algunos daños, de los que darán cuenta al gobernador, quien con la mayor brevedad providenciara todo lo correspondiente, para que se remedien, antes de la demora sea causa de otros mayores.

Las nuevas poblaciones
Capitulo LXIX
Considerando lo desiertas que están las dehesas de Requena y Barciles, que de algunas de sus tierras hay a las Poblaciones y lugares inmediatas mas de legua de distancia, y que puestas en riego no se puede acudir al cultivo de ellas con eficacia y cuidado que se requiere para que reproduzcan los frutos que prometen, a cuyo fin se necesita de la continua asistencia y aplicación de los labradores, como se experimenta en otras vegas para que se logre en esta con comodidad correspondiente, y que estén a vista de las tierras que se arrienden, y frutos de ellas he resuelto, que en los parajes que parezcan convenientes se hagan algunas Casas sueltas, que han de consistir en una entrada, cocina dos cuartos para habitación, sobre ellos una cámara para granos, un pajar, Y caballeriza cuyo diseño se formara por el ingeniero director, para que se archive en la contaduría, y que regladas al, se vayan construyendo así mismo en la dehesa de Requena e inmediación de valde-borox, en la de la Peña del Bu en Barciles, en los parajes más convenientes se hagan en uno y otro de igual construcción, hasta veinte o treinta casas, en forma de lugar, con dos calles que se cruzan, su plaza en medio, y a un lado la Iglesia todo lo que en adelante se aumentase, sea reglado a los alineamientos de la misma planta que el referido Director formara, que también ha de quedar archivada en la Contaduría, cuyas nuevas poblaciones y Casas han de habitar los Arrendadores de las tierras de mi Real Patrimonio, pagando por ellas el moderado alquiler que parezca correspondiente, cuyo producto ha de separarse para los reparos de ellas, y aumentar las que sean convenientes.

Capitulo LXX
Estas poblaciones ya formadas se dominaran, la una Villa de Requena y la otra Villa Barciles: en las que de los vecinos mas arreglados que a ellas se vinieren, y tuvie-

sen tierras arrendadas, nombrara el gobernador un alcalde, dos Regidores anualmente, para el gobierno económico de sus vecinos; en cuyas causas, y las de los habilitadores de las demás casas de las tierras de mi Real Patrimonio conocerá el Gobernador privadamente, de cuyo juzgado han de hacer recurso a mi Real Junta De Obras Y bosques.

El cuerpo de Ingenieros Militares. Las ordenanzas de 1768

El 22 de junio de 1766 Juan Martín Carmeño Comandante General e Inspector General del Reino rebindica el titulo de Ingeniero General y en 1767 plantea que los 24 ingenieros que trabajan en Puentes Caminos y Canales formen un cuerpo especializado dentro de los 150 ingenieros de los que constaba la citada rama.

En septiembre de 1774 se reorganiza el cuerpo en contra del parecer de este Comandante General en tres ramos o secciones al mando cada uno de un director. Silvestre Abarca como Director Comandante del ramo de Plazas y Fortificaciones, Pedro de Lucuce como Director Comandante del ramo de Academias Militares y Matemáticas de Barcelona Oran y Ceuta, y Francisco Sabatini como Director Comandante del ramo de Caminos, Puentes, Arquitectura Civil y Canales de Riego y Navegación.

Con la toma de posesión de los nuevos directores en octubre de 1774 se producen ascensos y nombramientos tomando Pedro de Lucuce catorce ingenieros, Francisco Sabatini veintinueve y Silvestre Abarca ciento un ingenieros, En 1778 ciento once ingenieros pertenecían al ramo de Fortificaciones, ocho al de Academias, treinta y uno en Obras civiles y cincuenta y seis en América. El escalafón en este cuerpo era el siguiente: Ingeniero Director, Ingeniero jefe, ingeniero de segunda, ingeniero ordinario, ingeniero extraordinario y ayudante de ingeniero.

En 1784 muere Silvestre Abarca y Sabatini intenta hacerse con el ramo de fortificaciones pero es elegido Juan Caballero que esta época era el Director de Academias en Barcelona.

Francisco Sabatini desde 1774 a 1791 es Ingeniero General del Ramo de Caminos, Puentes, Arquitectura Civil y Canales. A partir de este año con la muerte de Juan Caballero lo es también de Fortificaciones y de Academias, es decir que tiene el control absoluto sobre toda la formación de los ingenieros, la ingeniería de fortificaciones, la ingeniería civil, la arquitectura tanto en España como en Ultramar hasta su muerte en 1798, debido a la problemática que surgió de esta reunificación, me refiero a los proyectos y debates que posteriormente dieron lugar a la creación de un Cuerpo de Ingenieros Civiles que también expuso Betancourt con la necesidad de una Escuela de Hidráulica y en 1799 se funda el Cuerpo Facultativo de la Inspección General de Caminos y Canales que llevaría la denominación de Caminos y Canales y 1802 se funda una Escuela para su formación. (Capel, Sanchez, Moncada 1988)

Datos sobre la vida Guillermo Minali

La llegada de Sabatini a la Capitanía General supuso la entrada de bastantes ingenieros militares extranjeros a España, a unos contribuyo a formarlos y otros se incorporaron a su dirección poseyendo una buena formación, podemos encontrar nombres ilustres, tanto ente los que se encargaron de toda la infraestructura de comunicaciones a su cargo como los dedicados a la arquitectura. De estos ingenieros extranjeros que trabajaron con Sabatini muchos fueron Italianos, uno de ellos fue el oficial de ingenieros Milanés Guillermo Minalli del que escribía Sabatini en 1791 «que era muy apto para el cuerpo y especialmente para las obras hidráulicas» (Cámara 1993; A. G. S. Guerra Moderna, Leg 5837) debido a esas aptitudes es encargado de reparar la acequia del Jarama y estuvo en este destino al menos entre 1790 y 1793. En 1804 ya creado el cuerpo de ingenieros de Caminos aparece en una petición de embarque a Puerto Rico.

El oficial de ingenieros Guillermo Minali pedía en 1804 ocho mil reales de vellón para habilitarse en Puerto Rico «a buena cuenta de su sueldo» se le comunico que los costes de «transporte de los oficiales sus familias y criados» debían pagarlo ellos, aunque la hacienda sé hacia cargo. Embarco con su mujer y criado, y poco después el ingeniero escribía: «la Real hacienda ha satisfecho a dicho capitán (de la fragata que lo transportaba) 150 pesos a buena cuenta de mi transporte, y yo he invertido todas las pagas que se me adelantaron en habilitarme de ropas, libros e instrumentos de mi profesión» (Capel, Sánchez, Moncada 1988; Calderón Quijano, 1950 y 1953; aca, 135,129 y 137)

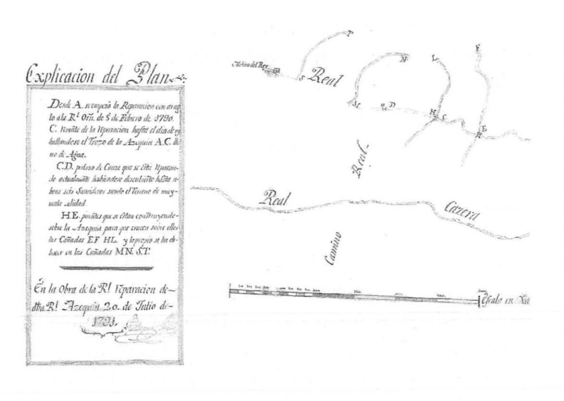
En 1808 se encuentra en la mejora de las fortificaciones de la pequeña plaza de Gerona, después del segundo sitio, como Ingeniero Comandante de la plaza en la que participo activamente en su defensa durante el tercer sitio con operaciones brillantes como la destrucción con los zapadores, la brigada de albañiles, carpinteros de la cruzada Gerundense, un piquete de artilleros y algunos caballos de San Narciso arrasando en una hora la posición de la Puerta de Francia que había sido conquistada por los franceses y fortificada y que después de violentos combates fue reconquistada por los gerundenses con ciento cincuenta bajas de los cuatrocientos cincuenta hombres que la reconquistaron. Pasados unos meses de feroz sitio, a las siete de la noche del 10 de diciembre de 1809 capitula con honores Gerona encontrándose Guillermo Minali entre los firmantes de la capitulación. En 1840 siendo ya Brigadier de los Reales Ejércitos y Coronel del real cuerpo de ingenieros publica el libro *Historia Militar de Gerona.*

Reseña de la documentación encontrada

Esta documentación sobre la acequia del Jarama consiste en primer lugar en una carta enviada desde Ciempozuelos, lugar donde se encontraban las oficinas Centrales del canal de 31 de octubre de 1790, no se sabe exactamente a quien se dirige y en ella se describen y se dibujan las secciones tipo que se están empleando para la reparación de la acequia y se hace una queja por la falta de medios.

En segundo lugar un plano del estado de las obras a 20 de julio de 1791 donde se dibuja un tramo de la acequia de unos siete kilómetros y medio y se indica la zona de ejecución de los trabajos entre la unión de Caz de la media luna (punto A) y la carretera M-305 (Punto D) indicándose al final del plano el Molino de Valdemaría Además se indica la sección de trabajo en el tramo CD Para un mejor seguimiento de las actuaciones es necesario modificar el orden de los documentos, al menos para que así podamos situar las distintas secciones en una determinada zona de la acequia.

El Oficial de ingenieros Guillermo Minali es designado por Real Orden del 8 febrero de 1790 para la reparación de los problemas que presentaba la Real Acequia, en el plano con el estado de las obras se indica que la actuación a realizar se encontraba situada desde la unión del Caz de la Media Luna punto A hasta él punto D (puente de la actual carretera M-305) y que en ese momento ya estaban finalizadas las reparaciones en el tramo AC (El punto C esta situado a 800 m antes de llegar al puente de la actual carretera M-305) y puesto en servicio. A este tramo corresponden las secciones descritas en carta de 31 octubre de 1790 donde describe las figuras 1 y 2 que estaba utilizando en dicho tramo.



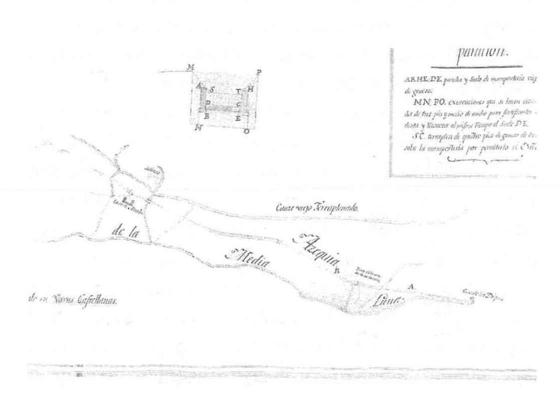


Figura 1
Estado de la obra realizada desde febrero de 1790 a 20 de julio de 1791 (plano manuscrito firmado por Guillermo Minali)

Plan de obra 20 julio 1791. Desde A se empezó la reparación con arreglo a la Real orden del 8 Febrero 1790 con fecha 20 julio de 1791 se llega a C estando lleno de agua en este momento

A.C Reparado lleno de agua.
C.D Zona reparándose 6 sumideros
H.E Puentes cañadas E.F y H.L y se hará M.N S.T Molino del Rey (Molino de Valdemaria)
S.T Puente a construir
M.N Puente a construir
D Camino Real (actual carretera M-305) C- D zona de trabajo
H.L Puente en construcción
C final de los trabajos a 20 de julio 1791 a 800 m del punto D
E.F Puente en construcción
Puentes en Casa Atares y Salinas
B Puente Cárceles
A Inicio de la reparación el 8 Febrero 1790

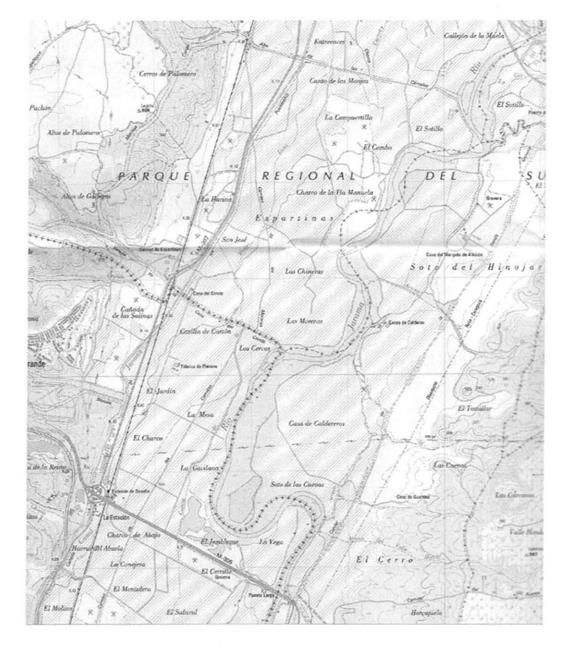


Figura 2
Plano actual de la zona (plano a escala 1:25.000 del Instituto Geográfico y Catastral)

Del conjunto de secciones tipo disponibles se intuye que el sistema elegido para la reparación, fue el de impermeabilizar la acequia con el uso de materiales arcillosos, para realizarlo como disponía de suficiente pendiente ha procedido a disminuir la pendiente de

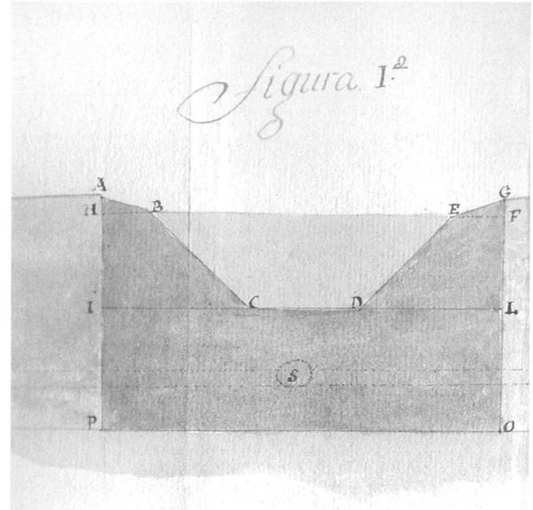


Figura 3
Sección tipo 1 (de carta Manuscrita Guillermo Minali)

la rasante hidráulica de la acequia y a levantar el terreno en sus bordes de tal manera que el agua que discurra por sus alrededores no pueda entrar en la acequia

Para que se pueda interpretar mejor este escrito se han convertido las unidades en pies y varas en metros lineales. El criterio utilizado es un pie igual 0,275 m y una Vara igual a 0,8359 m (Comisión 1862).

Descripción de la Sección 1

La actuación realizada en la zona de la acequia con el cajero que se encontraba construido en tierras consistió en realizar una excavación en la zona que ocupaba la acequia de 8,36 m de ancho y de no más de 3,72 m de profundidad para llegar a terreno firme, sobre esta excavación se rellena los 2,33 primeros metros con material arcilloso para cortar el flujo de agua y sobre esta base se construye el cajero del canal en arcilla de forma trapezoidal de 6,69 m de anchura en la parte superior y en la parte inferior con un talud de unos 45º (Las medidas descritas en el documento presentan un pequeño error)

Explicación de la Sección 1 según el manuscrito de Guillermo Minali:

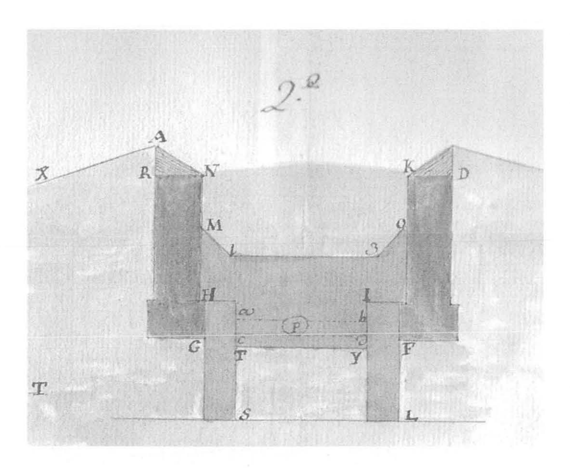


Figura 4
Sección Tipo 2 (de carta Manuscrita Guillermo Minali)

I.L.O.P. Terraplén de ocho pies de grueso [2,23 m de alto] y treinta de largo (8,36 ml de ancho) para formado de buenas tierras (arcillas) que sirve de suelo a la Acequia.

H.B.C.I; D.E.F.L. Malecones [los taludes de la acequia]colocados sobre el mismo terraplén de nueve pies de grueso [2,51 m de ancho] en la parte inferior, cuatro en la superior [1,11 m de ancho] de cinco pies de alto [1,39 m de alto] y cinco en declive quedando una abertura de canal, de veinticuatro pies [6,69 m de ancho] en la parte superior y doce [3,34 m de ancho] en la inferior.

A.H.B; E.G.F. Continuación De los malecones con tierras inferiores para evitar que las aguas llovedizas, no se introduzcan entre la unión de estos, y el terreno natural que lo sostiene, respecto que van encajonados en el mismo terreno.

5, 6, 7, 8. Direccion que tomaba el agua que se iba por el suelo de la acequia.

S. Sumidero que se hallaba en el centro de la acequia.

RT. Línea de Terreno firme coincide con la línea P.O.

AX. Línea de la Campana

R.G.D.F. Paredes de mampostería ordinario que forman los costados de la acequia.

Descripción de la Sección 2

La sección existente estaba formada por muros laterales verticales de mampostería y como solera el propio terreno natural, para su reparación se procede a realizar unas catas junto a los muros en el intradós en busca de firme, una vez encontrado sé procede a rellenar con material arcilloso, se sanea el terreno por el intradós hasta situarse por debajo de la zona de filtraciones y se rellena con arcilla hasta alcanzar la cota de rasante hidráulica de la acequia y se recrece la altura de la misma hasta conseguir una altura de canal de 1,4 metros y se remata con arcilla la solera contra los muros de mampostería. Las dimensiones del canal resultante son de 4,18 m de ancho por 1,39 de alto.

Explicación de la Sección 2 según el manuscrito de Guillermo Minali:

H.S I.L. Dos zanjas de ocho pies de profundo [2,23 m de profundidad], y cuatro de ancho [1,115 m de ancho], que se abrieron para reconocer el suelo de la acequia y después se terraplena con buena tierra.

La línea a.b.c.d demuestran la dirección de las aguas filtradas por el suelo, y la letra P una boca de las minas horizontales y en medio de las mismas.

M.O.T.Y. Terraplén de buenas tierras de cinco pies de grueso en lugares de légamo y tierra inferior que se quito.

M.30. Derrames o Solapes que forman el terraplén con las paredes para su mejor unión.

A.N.R. Recrecimiento de las paredes con céspedes respecto de haberes levantado el suelo de la Acequia

S.L Terreno firme.

N.K.1.3 Cauce de quince pies de ancho [4,18 m de ancho]. y cinco de alto [1,39 m de ancho]

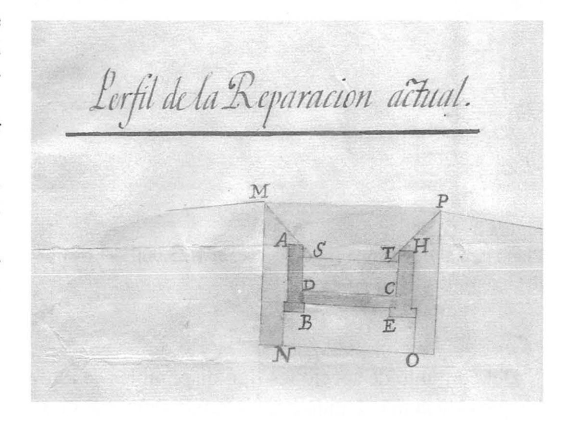


Figura 5
Sección Tipo 3 (detalle del plano manuscrito firmado por Guillermo Minali)

En la parte final de la carta indicaba una queja:

> Lo que hago presente a V.E es que yo no puedo adelantar mucho en mis operaciones por no tener a mi lado un Aparejador para emplearle aun mismo tiempo en la reparación de otros sumideros, y en obras que se están ejecutando bajo mi Dirección con Arreglo a las instrucciones de V.E que Dios guarde muchos años. En Ciempozuelos a 31 de octubre de 1790.

En el plano se indica que una vez que se iba terminando la reparación se procedía a su llenado por lo que se supone que el resultado del empleo de este tipo de secciones fue un éxito al menos entre los puntos A y C utilizándose para el tramo más difícil la sección 3 indicada en el plano en el que también se dibuja un antiguo cauce terraplenado.

Descripción de la Sección 3

Esta tercera sección estaba formada en origen por muros laterales verticales de mampostería y por base se aprecia que la solera del canal existente estaba cubierta con mampostería por lo que siguiendo los criterios aplicados a la segunda sección se procedió a realizar unas catas pero en este caso por el trasdos del canal, es decir por detrás de los muros, una vez que se llega a terreno firme se procedió a su impermeabilización con arcilla compactada hasta la parte superior del canal. Por el interior del canal una vez limpio se procede a recrecerlo hasta llegar a la nueva cota solera colocando arcilla sobre la mampostería. Debido a la menor pendiente del canal cuanto más se iba avanzando se va colmatando la caja de la acequia y hay que terraplenar por encima del terreno natural para poder mantener la misma caja de la acequia que se realiza con material arcilloso y el resto con terreno de la zona [Yesos], a esto se puede deber el que se volviera a colapsar la acequia ya que seria muy complicado con los medios que se disponía poder terraplenar un material de baja calidad como sostén de los taludes de la acequia.

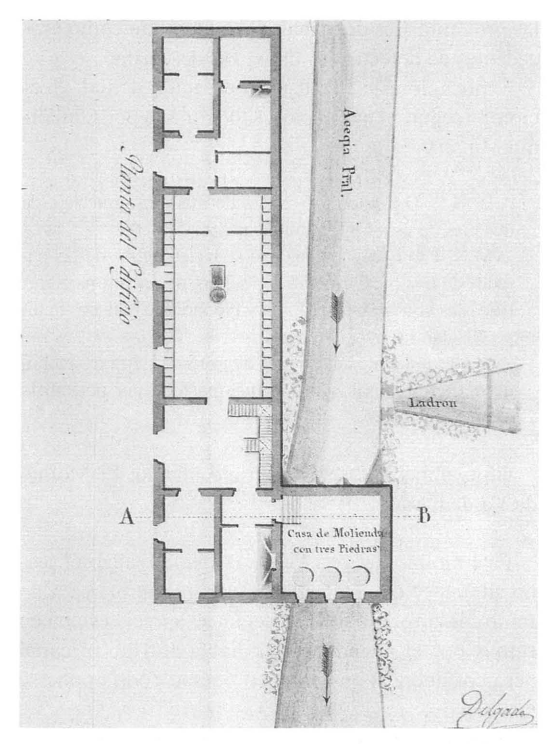


Figura 7
Planta del Molino de Valdemaría (Delgado *et al.* 1995, vol. 2, 25)

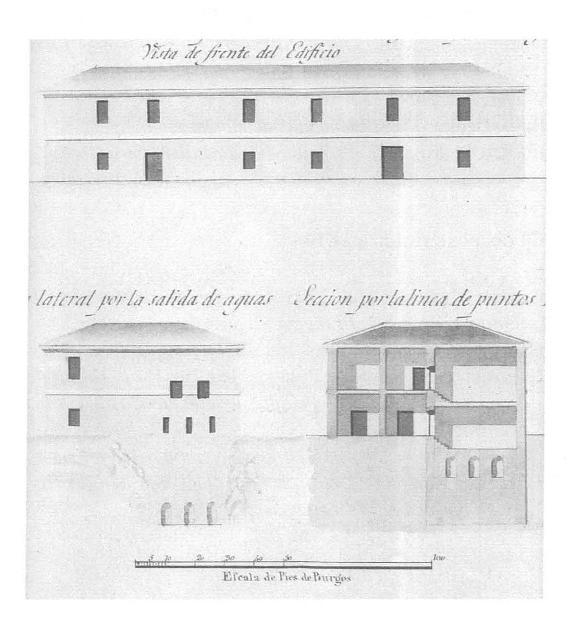


Figura 6
Alzado del Molino de Valdemaría (Delgado *et al.* 1995, vol. 2, 25)

Estos recrecidos del canal deteriorados por el paso de los años pueden ser los que Pedro Delgado vio en

las proximidades del canal y los interpreto como procedentes de defectuosas limpiezas del mismo.

Explicación de Perfil de reparación actual. Sección 3 (según plano manuscrito firmado por Guillermo Minali):

A.B, H.E, D.E paredes y suelo de mampostería vieja de dos pies de grueso [0,55 m de ancho].

M.N, P.O excavaciones que se hacen detrás de las paredes de tres pies y medio [0,9625 m de ancho] para fortificarlas con tierras gredosas y reconocer al mismo tiempo el suelo D. E.

SC terraplén de cuatro pies de grueso [1,1 m de ancho] de tierras gredosas sobre la mampostería por permitirlo el nivel del cauce.

Otras obras que se estaban ejecutando: El Molino de Valdemaría

Este molino del que Pedro Delgado realizo el plano adjunto y que consideraba inútil y perjudica a un futuro desarrollo del canal según se aprecia estaba en ruinas por el abandono que había sufrido el canal pero consideraba que en poco tiempo podría ponerse en valor

Los Puentes

En los planos actuales no se describen los caminos a esos puentes por lo que no nos es posible en este momento hacer referencia a estas obras.

El Final de las Obras

Pedro Delgado con la documentación en sus manos transcribe

Concluidas las obras a satisfacción de su Director sé hecharon las aguas a la Acequia el día 21 de marzo de 1793 con presencia del mismo Director, de los jefes del establecimiento y de Don francisco de las Casas actual contador de este establecimiento del mismo, que dio testimonio de que la obra de reparación de los sumideros desde la vereda de los Cárceles hasta el Desaguador de la Salinilla dirigida por Minali, se hallaban colocados unos piquetes dentro de la acequia para marcar la altura de las aguas, pero por desgracia en el inmediato día 25 del mismo mes de marzo volvió a dar testimonio el mismo casas de un nuevo Sumideros que se había abierto y que inutilizo la obra hecha en aquella época según documentos originales (Delgado *et al.* 1995, vol.1).

Lista de referencias

Obras anteriores a 1814

Anónimo. Sin titulo. s/f. Recopilación de ordenanzas de la Real Acequia

Belidor. 1737. *Architectura Hidráulique ou l Arte de Conduire, d'elever, et de menager les eaux pour les differents besoins de la vie. deux tomes. Por M belidor, Commissare Provincial de'Artillerie, Professeur Royal des Mathematiques, aux Ecoles Du meme Corps; Membre des Academies Royales des Sciences d¨Anglaterre et Prusse, Correspondant de celle de París.* Avec approbation et privilege de Roy. París.

Muller, John. 1769. *Tratado Fortificación o Arte de construir los Edificios Militares y Civiles. Escrito en Ingles por . . . Traducido en castellano, dividido en dos tomos, y aumentado con notas adicionales, y 22 laminas finas sobre los 26 que ilustran al Original, por D Miguel Sánchez Taramas*

Bails, Benito. 1783. *Elementos de matemática*

Lucuze, Pedro. 1772. *Principios de Fortificación*

Obras posteriores a 1814

Cámara Muñoz, Alicia. 1993. *Catalogo de Exposición Sabatini 1721–1797, El Ingeniero Sabatini*

Capel, Sánchez, Moncada. 1988. *De Palas a Minerva*

Comisión Permanente de Pesas y Medidas. 1862. *Tablas de reducción de pesas y medidas legales de Castilla a las métrico decimales*

Delgado, Pedro *et al.* 1995.*La Real Acequia del Jarama*

Gutiérrez, Ramón. 1972. *Notas para una Bibliografía Hispanoamericana de Arquitectura*

Sobre la introducción en Castilla de la carpintería de armar centroeuropea

José Miguel Merino de Cáceres
María Reynolds Álvarez

En 1537, nos cuenta Fernando Chueca (1953), se producía un ordenamiento de singular importancia para la arquitectura española y para el porvenir del arte en general. «Data de entonces la organización en gran escala, administrativa y técnica, de las obras reales. El Emperador nombró a Covarrubias su arquitecto, junto con Luís de Vega, para la obra de los alcázares de Sevilla, Toledo y Madrid, residiendo cada uno seis meses al año en dichas obras. Covarrubias, como era lógico, se uso al frente de los trabajos toledanos (con residencia continua, no semestral), y Luís de Vega se ocupó de los de Madrid y sitios satélites», incluyendo el Alcázar de Segovia y la Casa del Bosque de Valsaín.[1] Seis años más tarde, contando el príncipe Felipe tan sólo dieciséis años de edad, se ausentaba de España el Emperador, dejando en manos de su hijo la regencia de sus estados peninsulares. El joven príncipe comenzó entonces, con inusitado celo, a ocuparse de las construcciones reales, dando instrucciones, seleccionando maestros y supervisando trazas, cuando no dándolas de su propia mano. Su interés por la arquitectura le llevaba a ocuparse de los mínimos de talles y en sus viajes se hacía acompañar frecuentemente de arquitectos, quienes debían tomar buena nota de las novedades arquitectónicas de los distintos países y lugares. Felipe II fue así, poco a poco, pergeñando una idea que habría de de definirse el 10 de agosto de 1557, en medio del fragor campal de San Quintín: la erección de un gran monumento que simbolizara eternamente su reinado. En este sentido, sus intervenciones en las distintas residencias reales no fueron sino experiencias, y aquellas, laboratorios y bancos de prueba para la puesta en escena de la gran representación arquitectónica de El Escorial, la mayor manifestación de poder real que, desde la erección de las pirámides faraónicas, contemplaron los siglos (Merino de Cáceres 1991).

En 1552 el príncipe Felipe, decidido a agrandar su palacio de Valsaín, designaba a Gaspar de Vega como auxiliar de su tío, encargándole, de igual forma, de ayudarle en las obras de las demás residencias reales a su cargo, posiblemente en base a lo avanzado de la edad de Luís. En 1554, «cuando Felipe II fue a Inglaterra —nos cuenta Llaguno— le llevó en su servicio: no se sabe si con el fin de valerse de él en su profesión, o para que viese algunas cosas que acá no se practicaban y deseaba introducir» (Llaguno 1829). El 28 de junio de 1556 el monarca escribía desde Bruselas, acusando recibo de los informes del susodicho Gaspar de Vega, sobre la marcha de las obras de Toledo, Madrid, El Pardo, Aranjuez, Aceca, Valsaín y Alcázar de Segovia, y urgiéndole en la terminación de determinadas partes.

Con fecha 15 de febrero de 1559, también desde Bruselas y en contestación a las noticias de Gaspar sobre el desarrollo de los trabajos y muy principalmente preocupado en la solución que se había de dar a las cubiertas de Valsaín, escribía el monarca lo siguiente:

Decís que si no fuese por la mucha costa sería bien cubrir todos los tejados de la casa del Bosque de planchas de plomo, porque á causa de los grandes vientos y nieves que cargan, por mucho cuidado que se tenga de retejar, siempre hay goteras. Demás de la costa hay en esto dos inconvenientes: el uno, que el plomo cargaría mucho la casa; el otro, que el verano la haría muy calurosa, como se tiene por experiencia de lo de acá. Y hame parecido que será mejor hacer los tejados agros, á la manera de estos estados y cubrirlos de pizarra que, como habéis visto, son muy lucidos . . . Y, así, he mandado que se busquen ocho oficiales diestros, dos para sacar la pizarra, y cuatro para cortarla y aderezarla y sentarla, y los otros dos para hacer los maderamientos y armarlos: y todos partirán á tiempo que sean ahí en la primavera. Entre tanto hareis cortar y desvastar las maderas convenientes para los dichos tejados, y tenerlas a punto; y que con diligencia se busque la pizarra lo más cerca de la casa que se pudiere, porque en llegando los oficiales no pierdan tiempo. No se hallando más cerca, en Santa María de Nieva la ha de haber, que pasando yo por allí vi hacer cierta obra de ella en la iglesia (Llaguno 1829).

El 11 de mayo del mismo año, volvió a escribirle el rey a su arquitecto:

Gaspar de Vega: por carta que mandé escribiros á 15 de hebrero habreis visto como he acordado que los tejados del bosque de Segovia . . . se hagan de pizarra á la manera de estos estados. Agora van los oficiales, y con ellos Miguel de Namur mi criado. No han podido partir antes, por buscarse cuales convenía. Llegados allá terneis (sic) particular cuidado que se les haga buen tratamiento, y encaminarlos en lo que particularmente les tocare y conviniere hacer; y procureis que los otros oficiales que trabajan en estas obras se avengan bien con ellos por ser extrageros (Llaguno 1829).

A primeros de julio llegaron los pizarreros a Valladolid y por carta de 22 del mismo mandó el Rey a Gaspar de Vega que, a manera de ensayo, les mandase cubrir las casillas de fuera de la Casa del Bosque, indicando más adelante:

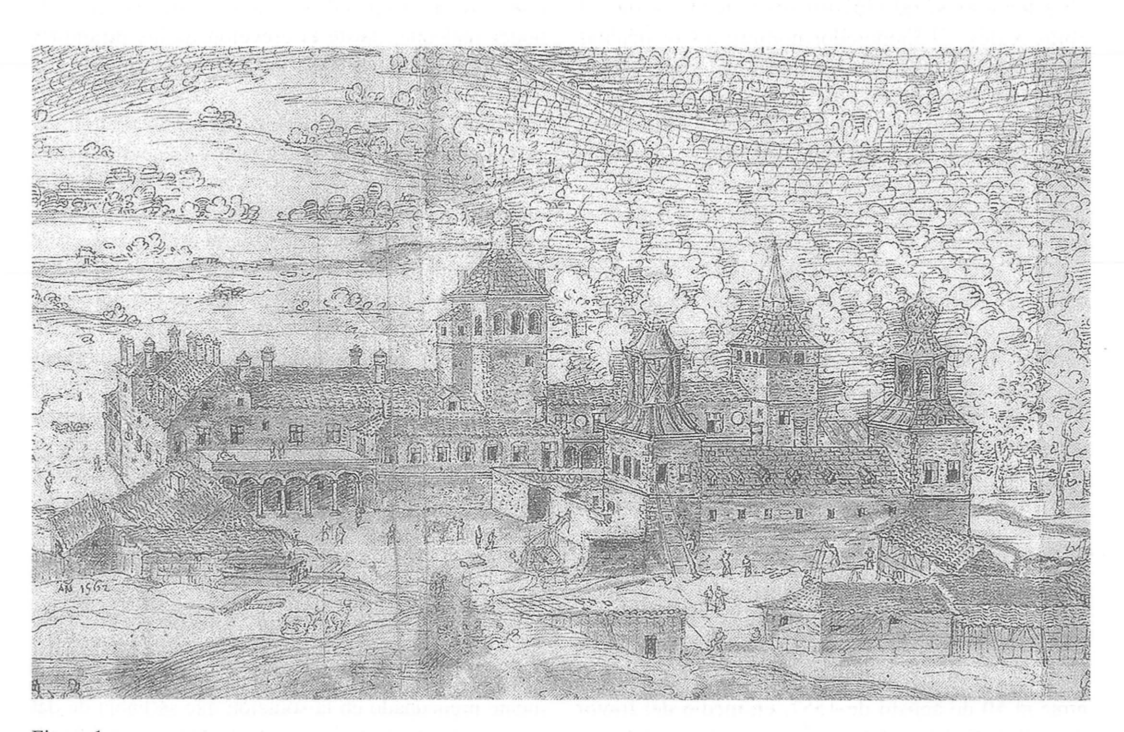


Figura 1
Vista del palacio de Valsaín en obras, en 1562. Dibujo de Antón Van der Wyngaerde

y demás de esto entre tanto que placiendo á Dios, yo llegue, hareis que se tengan buscadas las canteras de pizarra que estuviesen mas cerca y á propósito, asi de esta casa del Bosque, como de las de Madrid y el Pardo, Toledo, Aranjuez y Aceca.[2] Y advertid que he sido informado que en Yébenes la hay en cantidad y muy buena para en caso de que no se halle otra mas cerca de las casas del reino de Toledo. Y hasta mi llegada no se haga mas diligencia de tener buscadas las canteras, ni se corten maderas, ni se saque la pizarra, salvo solamente la que fuere menester para las casillas del bosque (Llaguno 1829).

Vuelto el Rey a España, determinó se empizarrasen las cubiertas de Valsaín y El Pardo, desmontando el tejado que tenía entonces este. Al propio tiempo, desde Madrid, con fecha 15 de noviembre de 1561, escribía al cardenal Granvela[3] para que le enviase «dos oficiales de carpintería muy diestros en hacer los maderamientos de los tejados para cubrirlos de pizarra, a la manera de aquellos paises, y otros ocho o diez cubridores de pizarra».

Según Llaguno, llegados los operarios, se llevaron a cabo las obras bajo la dirección de Gaspar de Vega: «hasta entonces parece no se conocían por acá los cubiertos empizarrados; y que Felipe II fue el primero á introducirlos. Dió á los oficiales flamencos aprendices españoles, que salieron hábiles; pero concluidas las diferentes fábricas en que se emplearon, se fue disminuyendo el número, de suerte que el año 1604 no había mas que dos oficiales en toda España y se trató de darles aprendices» (Llaguno 1829). En el dibujo de Valsaín de Antón Van der Wyngaerde, de 1562, aparecen las cubiertas ya prácticamente terminadas (Wyngaerde 1986).

Vemos pues, como, la introducción de los tejados de pizarra en Castilla se debió a una decisión personal del monarca, una técnica de cubrición ciertamente novedosa en la Península que, a la postre, condicionaría en gran medida la estética de la arquitectura durante sigo y medio.

Las armaduras tradicionales españolas

Pasemos brevemente repaso a como habían sido, hasta aquel momento, las armaduras tradicionales en nuestro solar. Tradicionalmente encontramos en España tres tipos de armaduras de cubierta; a la molinera (las que resultan de inclinar un forjado de piso), las de pares (par y nudillo y par e hilera), y las que mediante cuchillos o tijeras permiten la colocación de un segundo orden estructural paralelo al muro sobre el cual se asientan; las armaduras de correas.

Las primeras no pueden ser consideradas armaduras como tales, responden a un esquema de una simplicidad absoluta; se disponen maderos que, apoyándose en los muros de la sala a cubrir, salvan toda su luz. El problema surge cuando aumentamos la luz. Para evitar el problema de flexión de la madera debemos incrementar la sección de las piezas empleadas (en proporción al cuadrado de la luz salvada), lo cual viene a elevar notablemente el coste de la obra. Surgen soluciones como el acortamiento de la luz con el empleo de grandes ménsulas voladas, jabalcones o elementos singulares para fragmentar el espacio, de manera que se utiliza un reducido número de piezas de gran sección en las que se apoyaban otras, mucho menores, y giradas 90º. De esta manera se cuajaba todo el espacio y se conseguía una importante estabilidad del conjunto.

Las armaduras de pares son, probablemente, las más inmediatas. Basan su estabilidad en el apoyo de las piezas unas contra otras en cabeza, mientras que en su base se asientan en la coronación del muro (con alguna pieza de madera intermedia que ayuda a la transmisión de esfuerzos). Para arriostrar y estabilizar las cabezas de los pares surge la hilera que, en sentido longitudinal, se sujeta con la compresión de los pares. Estas estructuras tienen dos inconvenientes importantes; la flexión de los pares y los empujes horizontales, que aumentan a medida que reducimos la pendiente de los faldones. Para solventar el primer problema se introdujeron los nudillos; piezas horizontales, que colocadas a un tercio de la altura de la armadura rigidizan los pares. El segundo se resuelve mediante la colocación de tirantes, que unen cada pareja de pares absorbiendo los empujes horizontales. Pero estos tirantes tienen gran sección pues suelen salvar luces importantes y resultan antieconómicos. Para poder ahorrar en el uso de éstos se colocan los estribos, piezas que recorren toda la longitud del muro, recogiendo los empujes horizontales de los pares y transmitiéndolos puntualmente a los tirantes, de manera que ya no es imprescindible un tirante por cada juego de pares. Una vez solucionado el problema de los empujes horizontales, hay que pensar en la

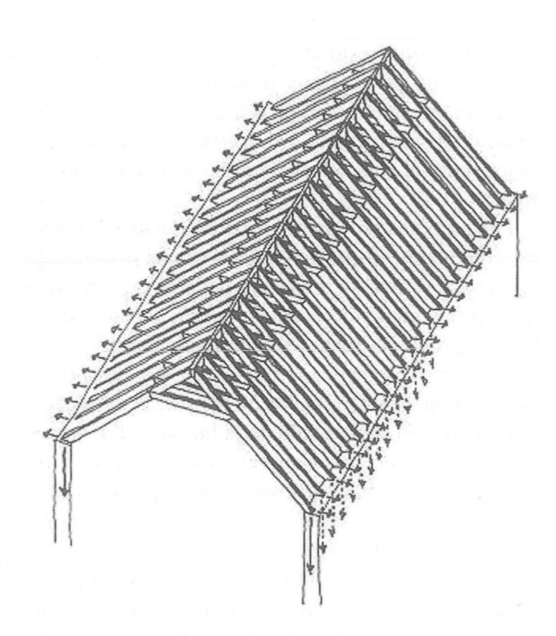


Figura 2
Armadura de par y nudillo

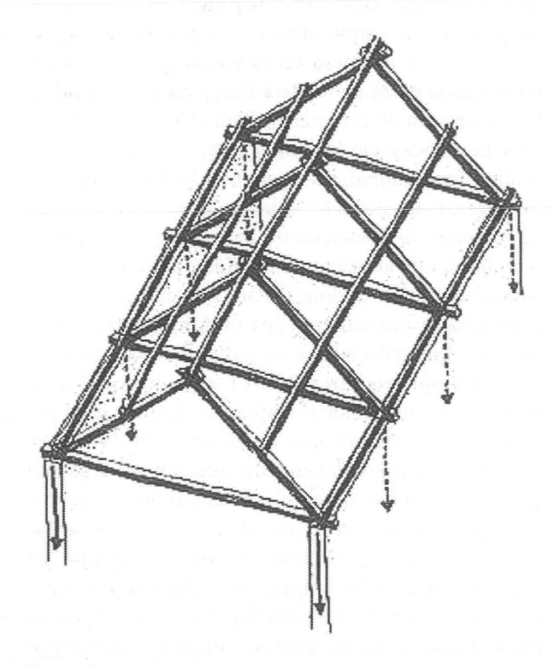


Figura 3
Armadura de Tijera

estabilidad general del conjunto, no solo en el plano transversal, sino también en el longitudinal. Los pares corren el peligro de «remar», expresión muy gráfica de López de Arenas, y que describe muy bien el problema del arriostramiento (Nuere 1985). Por ello se colocan elementos paralelos al muro de coronación que atan los pares y le dan estabilidad a todo el conjunto (fig. 2).

Las estructuras trianguladas son indudablemente las que mejor comportamiento presentan: no transmiten empujes a los muros sobre los que se apoyan y con un empleo mínimo de madera salvan unas luces enormes; soluciones quizás más propias de la ingeniería que de la arquitectura. Ya las usaban los romanos, pero tras el derrumbe del Imperio cayeron en desuso en toda Europa, excepto en Italia. En el Renacimiento volvieron a difundirse y en el siglo XVII, tras el gran incendio de Londres de1600, Íñigo Jones y Christopher Wren generalizaron el uso de estructuras trianguladas para la reconstrucción de la ciudad (fig. 3).

A pesar de las bondades económicas y estructurales de este último sistema, su uso no se generalizó en España hasta bien entrado el siglo XVIII. No es cuestión de desconocimiento del tipo estructural ni de limitaciones técnicas, simplemente las cubiertas de par y nudillo tenían mayor arraigo y eran más demandadas.

Introducción de los sistemas estructurales centroeuropeos

Son, por tanto las armaduras de par y nudillo, las que constituyen el grueso de la carpintería de armar en España. Según Fernández Cabo las armaduras de pares llegaron a la Península desde Centroeuropa con las invasiones bárbaras, consolidándose luego durante la etapa visigoda (Fernández Cabo 1997); pero aquí la climatología es más suave, y las fuertes pendientes originales de los faldones se rebajaron, adquiriendo diferente formalidad. Para solventar los problemas estructurales que esta peculiaridad conlleva, aparecieron los nudillos (como ya hemos explicado), surgiendo así una variante de las armaduras de pares, la de par y nudillo, que se repite sistemáticamente en toda España.

En los países centroeuropeos, ya se habían solventado los problemas derivados de las inclemencias cli-

matológicas; lugares más acostumbrados a las fuertes lluvias y nieves, habían dado con la solución a estos problemas que afectan, no solo al mantenimiento (goteras) sino también a la estabilidad de la estructura. Son cubiertas que, aunque con un esquema parecido a las españolas, tenían una elevada pendiente, reduciendo así los empujes horizontales, permitiendo el rápido desalojo de aguas e impidiendo la acumulación de nieve en los faldones. De esta manera optimizaban el comportamiento estructural, evitaban las goteras y la importante sobrecarga que suponía la acumulación de nieve, comprometiendo seriamente la estabilidad de las estructuras.

Tradicionalmente, en España, se utilizaba la teja cerámica como elemento de cubrición. Pero entonces con las cubiertas más pronunciadas, se hacían necesarios otros métodos que se adaptasen a las nuevas armaduras. Las tejas se colocaban encajadas unas sobre otras y su estabilidad se basaba en el rozamiento. Al aumentar la inclinación del plano de apoyo, el rozamiento no era suficiente y las piezas deslizaban. Se hacía necesario un método de fijación mecánico. Mediante clavos y ganchos se aseguraba la colocación de las piezas que ya no podían ser curvas, sino planas. Es por ello que se optó por la pizarra, no «por que sea muy lucida», como escribía Felipe II a Gaspar de Vega, sino por que se adaptaba mejor a las nuevas necesidades de los agros tejados importados de Centroeuropa.

Casa de la Moneda y Alcázar de Segovia. Asimilación de las corrientes centroeuropeas y conversión al modelo hispánico

De las estructuras de cubiertas construidas por encargo de Felipe II siguiendo los modelos centroeuropeos, muy poco es lo que nos queda en la actualidad ya que casi todas ellas han desaparecido, fundamentalmente debido a los incendios padecidos por los distintos edificios. Las primeras, como hemos visto, fueron las realizadas en el palacio de Valsaín, pero desaparecieron en su totalidad en el incendio de 1695. Las del alcázar de Segovia, posiblemente las más complejas e interesantes de todas, perecieron en su mayor parte en el incendio de 1862 y tan solo se conservan las armaduras de una torre en el frente principal y una torrecilla en la parte de Poniente, sin ser las más importantes de las que tuvo la fortaleza; afortunadamente, durante la restauración de la fortaleza, llevada a cabo por los arquitectos Odriozola y Bermejo, entre los años 1882 y 1896, las nuevas armaduras de cubiertas vinieron a reproducir las anteriores desaparecidas, con idéntico sentido constructivo, bien que depuradas y afinadas en sus escuadrías (Cantalejo 1996). Las de El Escorial desaparecieron en su totalidad durante el incendio de 1762 y las del alcázar de Madrid en el de la Nochebuena de 1735. En consecuencia tan solo nos quedan algunas de la Casa de la Moneda de Segovia que, aun siendo más modernas que las anteriormente citadas, son del proyecto de Juan de Herrera y del máximo interés, aunque seguramente fueron realizadas por Francisco de Mora, a quien se debe la dirección de obras de la Ceca; estas tuvieron lugar entre 1583 y 1586, siendo de suponer que las cubiertas serían lo último en realizarse. Igualmente algunas del Alcázar posiblemente fueran realizadas por Francisco de Mora o por su sobrino, Juan Gómez, sin olvidar la segura participación de Pedro de Brizuela, que también trabajó en el Escorial como carpintero.

España ha sufrido la influencia de muchas culturas a lo largo de los siglos. Hemos ido adaptando los modelos extranjeros a las costumbres y tradiciones hispánicas, dando como resultado final unos tipos que, basados en las influencias extranjeras, hemos hecho nuestros, introduciendo ligeras variaciones particulares que marcan su peculiaridad: no los copiamos literalmente, sino que los asimilamos y los hispanizamos. Es el principio de permanencia que definía Unamuno: el substrato intrahistórico (lo español) sobre el que resbala la corriente mudable de los tiempos modificando apariencias y perfiles. «Sobre el cuerpo inmutable va cambiando en épocas el vestido, bien a la moda románica, a la moda gótica, a la renacentista o a la barroca . . . Pero sobre este cuerpo las prendas caerán a la manera y de la traza que el propio cuerpo impone» (Chueca 1981). Pues bien, esto mismo ocurre no sólo con los estilos, si no también con los modos de hacer en la construcción.

Retomamos la secuencia citada por Fernández Cabo y vemos como, en el siglo XVI, adoptamos el modelo centroeuropeo de agros tejados. Con esta inclinación de pares, el nudillo carece de función estructural y en muchos casos también su función decorativa o de percepción espacial, pues ya no se hacen para ser vistos. Aún así, la tradición hispánica

tenía demasiado peso en nuestro modo de hacer, y el nudillo siguió estando presente en todas estas nuevas armaduras donde su misión quedaba relegada al simple recuerdo de una tradición constructiva anterior.

La pervivencia de este modelo es muy interesante. Tal como expuso Enrique Nuere en el IV Simposio de Mudejarismo de Teruel (1987), en España eran bien conocidas las estructuras trianguladas, pero por alguna extraña razón, y pese a sus desventajas económicas y estructurales, se generalizaron las armaduras de par y nudillo. Nuere cita el caso de la iglesia de Macoteras, en Salamanca (Nuere1989), donde ambos tipos estructurales conviven y son coetáneos en la techumbre de la iglesia; uno se utiliza para cubrir el espacio exterior (triangulada) y el otro para el interior con el fin de embellecerlo. La secuencia de los nudillos conforma un plano, el almizate, haciendo posible la colocación de la lacería y el cambio radical en la percepción del espacio; en el primer caso el remate vertical es una línea mientras que en el segundo es un plano con la apariencia de artesa.

Al acercarnos a casos concretos, como los segovianos citados, vemos cómo en la adaptación al nuevo modelo se produjeron ligeras variaciones. En un primer ejemplar en la Casa de la Moneda, vemos que lo único que le asemeja al modelo europeo es la cubrición con pizarra. Las cubiertas del Alcázar, reproducción de las originales desaparecidas, repiten el sistema de cubrición, pero no así el estructural ni el constructivo de los modelos centroeuropeos. Por último, también en la Casa de la Moneda, encontramos una armadura absolutamente europea en su concepción estructural y constructiva así como en el método de cubrición.

Es esta la estructura más antigua de raigambre centroeuropea conservada en Castilla. Podemos ver que es una armadura de pares, con una pendiente muy pronunciada a la que se añadieron unos acuestos para disimular esta exagerada inclinación, siendo así que la cubrición se realizó necesariamente con pizarra. Una solera, sobre unos nudillos encastrados en el muro, recorre todo el perímetro de su coronación, arrancando de ella arranca toda la armadura. Acoplados con un rebaje, se asientan los tirantes sobre la solera, espaciados cada dos parejas de pares; sobre éstos, con otra muesca, se colocaron los estribos, creando un cerco indeformable a lo largo de todo el perímetro. Estos estribos son los que vendrían a recibir a los pares mediante unos cortes en estos últimos, perpendiculares entre sí (patilla y barbilla) de 1/3 y 2/3 del espesor del par respectivamente. Los pares se remataban en cabeza por la hilera, a la que iban unidos por la propia compresión que ejercen sobre ella. Como elemento singular, hasta ahora nunca usado en España, aparecieron aquí los acuestos; son piezas encastradas a 1/3 de la altura de los pares en cabeza (en este caso) y que se apoyan en su base en los canes del alero (figs. 4, 5 y 6).

Sin embargo, en dependencias contiguas del mismo edificio, encontramos la ya conocida armadura de par y nudillo; repite el modo de cubrición, pero no así el esquema estructural. La pendiente es mucho más tendida y se hace necesario el empleo de elementos auxiliares: los nudillos.

Debido a la escasa inclinación de los faldones, la cubierta es susceptible de tener goteras, mojando la estructura y originando problemas de pudrición. Para evitarlo, se coloca en la misma dirección y más frecuentemente que los pares una sobreestructura de parecillos. Estas piezas se apoyan en el borde del alero y en la parte alta de los faldones, dejando una leve separación con los pares, de manera que si el agua de lluvia cala al interior y los moja, estos pueden orearse rápidamente, evitando así los problemas de pudrición. Los parecillos, sin embargo, no pueden secarse por la cara superior, en la que van clavadas las tablas, y se dañan con facilidad: no es más que una capa de sacrificio, que resulta mucho más barata de reparar; no se esmera mucho su escuadría, de manera que un carpintero no especializado puede reponer cualquier pieza (figs. 8 y 9).

De los tres ejemplos mencionados, el del Alcázar es el más llamativo e interesante, a pesar de su solo relativa originalidad, al tratarse de una réplica. Las cubiertas originales de pizarra debieron llevarse a cabo en la década de los sesenta, del siglo XVI; en los dibujos de Wyngarde, de 1562, aparecen los tejados en construcción, faltando aún los chapiteles de algunas torres de la fortaleza (Wyngaerde 1986). El sistema estructural de estos es algo diferente a las armaduras de pares que hemos visto en la Casa de la Moneda y las escuadrías son notablemente más delgadas. Aquí los pares no se sujetan en cumbrera por compresión, sino que se trata de una armadura de tijera, la estructura triangular más elemental. Los pares se unen entre sí mediante una muesca a media madera, sobresaliendo ligeramente por encima de esta

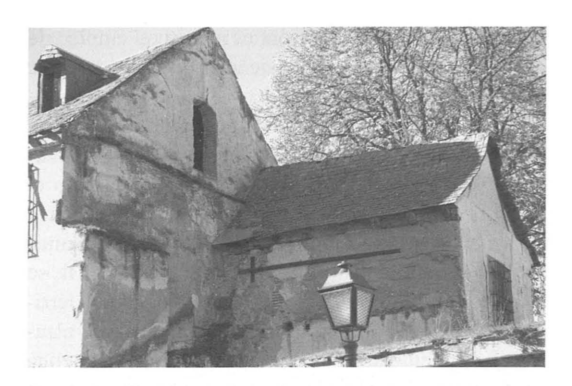


Figura 4
Cubiertas de la Casa de la Moneda de Segovia

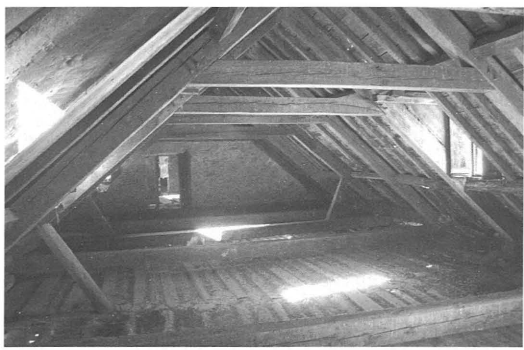


Figura 6
Interior cubiertas de la casa de la Moneda de Segovia



Figura 5
Cubiertas de la Casa de la Moneda de Segovia



Figura 7
Interior cubiertas de la casa de la Moneda de Segovia

unión, resultando un lugar óptimo para la colocación de la cumbrera. Por otra parte, los pares tienen una longitud tal que, pese a su notable verticalidad (una pendiente de entre 50º y 53º) corren el riesgo de flectar por la gran carga que soportan. Por un lado, el peso propio aumenta, y por otro, al aumentar la superficie de faldones, se incrementa también la sobrecarga de nieve y viento. Para contrarrestar esta posible deformación de los pares, se colocaron dobles nudillos a/y fi de la altura de la armadura.

Estas armaduras también cuentan con una sobreestructura de pares para favorecer la ventilación de la estructura principal, como acabamos de ver en la Casa de la Moneda. Pero, en este caso, los parecillos de la estructura secundaria, van sujetos a las correas

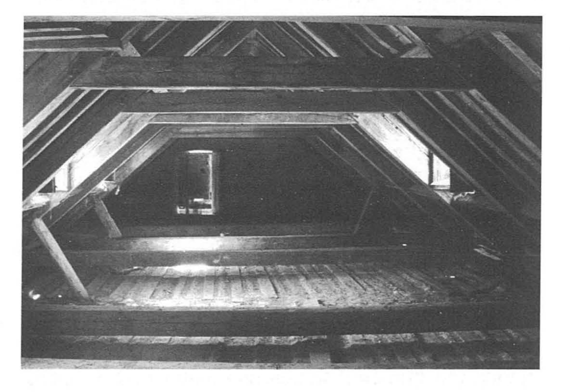


Figura 8
Interior cubiertas de la casa de la Moneda de Segovia

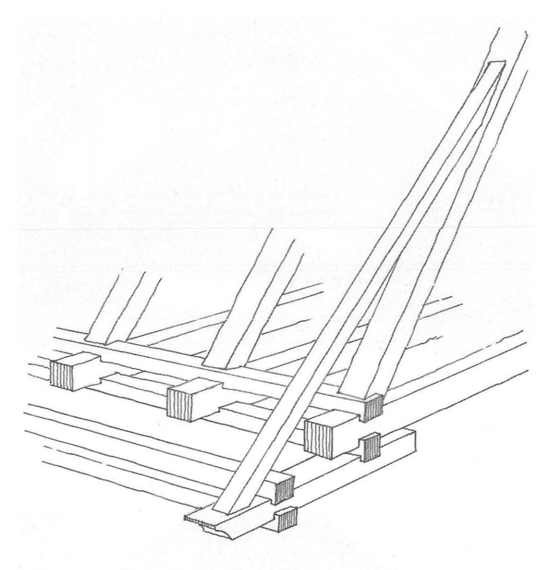


Figura 9
Sistema de las armaduras de la figura 7

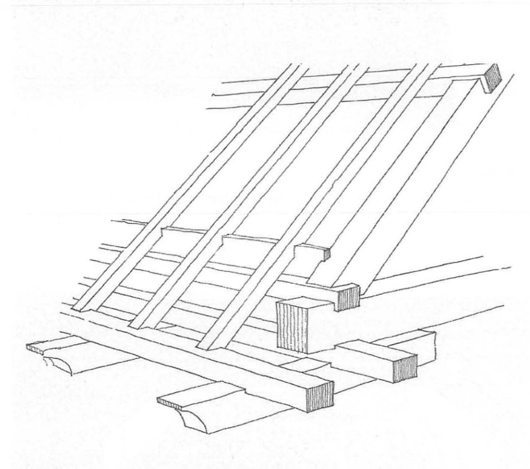


Figura 10
Sistema de las armaduras de la figura 8

mediante un pequeño rebaje y no apoyados simplemente. Las cubiertas tienen una inclinación exagerada, por eso las correas no pueden ir apoyadas simplemente sobre los pares por que deslizarían, de modo que, para su correcta fijación, es preciso el empleo de ejiones. La cubrición sigue siendo necesariamente de pizarra[4] (figs. 9 y 10).

Como colofón, cabe destacar que este novedoso aspecto de cubrición tuvo una favorable acogida, primero en Castilla pero pronto generalizándose a todo el territorio peninsular, cambiando totalmente la estética de los edificios, tanto de los nuevos como de los antiguos que fueron en buen número renovados. Así, se pasó de los tejados de poca pendiente y colores terrizos, a las pinas cubiertas de pizarra gris que se alzaban en las ciudades, sumándose a la nueva estética centroeuropea. Inclinadas cubiertas y enormes agujas de chapiteles empezaron a destacar en los perfiles urbanos, rematando numerosas de las anteriores torres medievales, tanto de la arquitectura civil como de la religiosa. Desgraciadamente y por diversas circunstancias, hemos perdido muchas de estas estructuras, aun cuando debido al desarrollo que tuvieron a lo largo de casi dos siglos, volvieron a reproducirse con la misma estética en muchos edificios históricos que las habían perdido, como réplicas de las originales. Sin embargo en la mayoría de los casos se quedó en aquello, en mera replica formal sin intentar la recuperación de unos tradicionales sistemas constructivos de indudable interés. En este sentido cobran un enorme valor las armaduras de cubierta del Alcázar de Segovia, tanto por su valor testimonial, como por su interés tecnológico, reproduciendo y mejorando unos sistemas singularmente surgidos durante el renacimiento por voluntad del monarca más amante de la arquitectura que jamás hemos tenido (figs. 12, 13 y 14).

Notas

1. Luís de Vega tuvo, como maestro del Rey, importancia tan grande como la de Covarrubias, pero con vistas a la posteridad su fortuna fue mucho menor; casi todas sus obras han desaparecido o se han transformado tanto, que de sus trabajos como arquitecto apenas queda nada más que la documentación histórica, sobre todo la correspondencia mantenida con su señor y rey, Felipe II. Ver Chueca, Op. Cit.
2. Cuando después se hizo parte del palacio de Aranjuez no se cubrió de pizarra, sino de plomo. En Aceca, por su parte, se hizo tejado de teja árabe.
3. Antonio Perrenot, Señor de Granvela (Besançon 1527-Madrid 1586). Entre 1559 y 1564 fue gobernador de Flandes.

Figura 11
Vista del Alcázar de Segovia en obras, en 1562. Dibujo de Antón Van der Wyngaerde

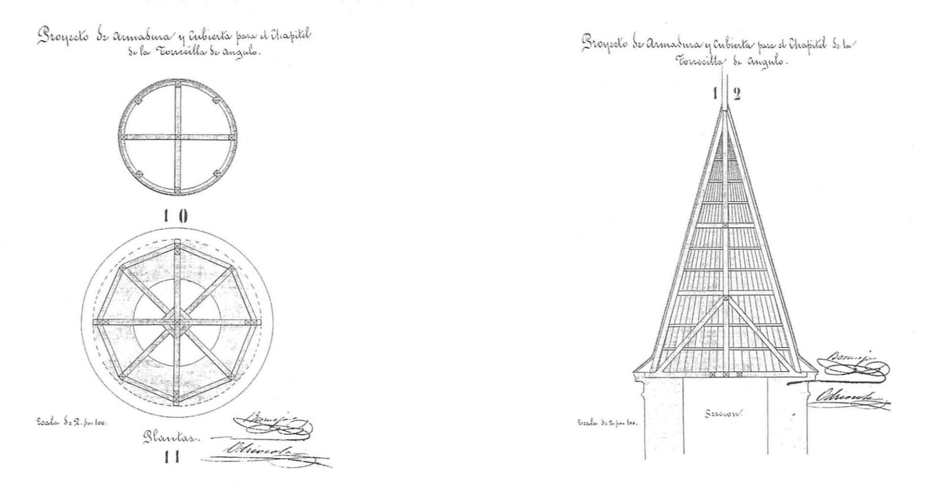


Figura 12
Proyecto de cubierta y armadura para chapitel de la torrecilla de ángulo. Odriozola y Bermejo. Alcázar de Segovia, 1182. Plantas

Figura 13
Proyecto de cubierta y armadura para chapitel de la torrecilla de ángulo. Odriozola y Bermejo. Alcázar de Segovia, 1182. Sección vertical



Figura 14
Proyecto de reparación para la torre del homenaje. Antonio Bermejo. Alcázar de Segovia, 1882. Sección transversal

4. En la actualidad una gran parte de la pizarra es nueva, habiéndose renovado la que se colocó durante las obras de restauración de finales del siglo XIX. Igualmente se ha renovado buena parte de la tablazón y es nueva la totalidad del sistema de sujeción de la pizarra, que originalmente iba agujereada y clavada y ahora sujeta con ganchos.

LISTA DE REFERENCIAS

Cantalejo San Frutos, Rafael. 1996. *Los proyectos de restauración del Alcázar de Segovia*. Segovia.

Chueca Goitia, Fernando. [1947] 1981. *Invariantes Castizos de la Arquitectura Española*. Madrid.

Chueca Goitia, Fernando. 1953. *Arquitectura del siglo XVI.* Volumen 11 de *Ars Hispaniae*. Madrid.

Fernández Cabo, Miguel. 1997. *Armaduras de Cubierta.* Valladolid.

Merino de Cáceres, J. M. 1991. *La Fábrica del Alcázar de Segovia.*

Nuere, Enrique. 1985. *La Carpintería de lo Blanco.* Madrid

Nuere, Enrique. 1989. *Carpintería de Armar Española. Madrid.*

Llaguno y Amirola, Eugenio. 1829. *Noticias de los arquitectos y arquitectura de España desde su Restauración.* Madrid.

Wyngaerde, Antón Van der. 1896. *Ciudades del Siglo de Oro. Las vistas Españolas de Antón Van der Wyngaerde.* Madrid.

La sección constructiva a lo largo de la historia en los edificios destinados a baños terapéuticos y/o lúdicos. Época romana

Mónica Morales Segura

Los edificios destinados a baños son una constante a lo largo de la historia, desde épocas antiguas el ser humano ha tenido la necesidad, por unos motivos u otros, de crear unos espacios para este uso. El significado del baño y el modo en que se realiza ha variado a lo largo de los siglos y de las distintas civilizaciones y sociedades, pero existen unas constantes que se vienen repitiendo desde la construcción de los primitivos baños. Cada sociedad acude por un motivo a tomar lo baños y esto repercute en la forma del edificio; por ejemplo, en época romana era un acto social en el que relacionarse, por lo que determinadas salas debían de ser grandes. En el Islam es un acto de purificación, ordenado por el Corán, que precisa de espacios para el recogimiento pequeños y poco iluminados. En una primera lectura encontramos diferencias pero ahondando más en la materia empezamos a encontrar similitudes. Quedándonos en el exterior de estos edificios y en el resultado final son diferentes a lo largo de la historia pero analizando la construcción de los mismos encontramos que los problemas a lo que se tenían que enfrentar los arquitectos eran los mismos. La construcción de este tipo de edificios era compleja, debido a los distintos motivos que se citan a continuación:

- La ordenación espacial: El ritual del baño marca una concatenación de espacios que no se puede variar. Las distintas salas —caliente, templada, etc.—, tienen que estar dispuestas de tal manera que se pueda realizar la secuencia que había de tener el baño. Esto es un condicionante muy fuerte al que se enfrentaban a la hora de plantear el edificio dentro de un solar concreto. Además de la sucesión de espacios había que contar con los espacios servidores donde se producía el calor necesario para el agua o el ambiente. En estos edificios existe un programa que no se puede variar y que además si no se cumple el edificio no funciona.
- La iluminación de los distintos espacios: Los distintos espacios necesitan luz natural para ser iluminados, al estar unos concatenados con otros y tener distintas alturas se hace difícil el encontrar paramentos que perforar para traer al interior la luz solar. Las salas que quedan en el centro de la distribución van a tener que tomar la luz de manera cenital, ya que los paramentos verticales no dan al exterior sino a otros espacios anexos. En la actualidad debido al desarrollo de los materiales y de la construcción esto no representa un problema pero en otras épocas sí.
- La cubrición de las salas: En algunas ocasiones las salas a cubrir tenían una luz excesivamente grande y debido al uso no podían contar con pilares en los lugares en los que se necesitaba, sobre todo en época romana el desarrollo de las cubriciones abovedadas es grande debido a la necesidad de solucionar la cubierta de estos espacios. También por el uso de estos espacios se requería de cubiertas curvas, para facilitar el movimiento del aire caliente.

- La climatización e instalaciones: Se desarrolla mucho en épocas antiguas ya que era necesario conseguir distintas temperaturas en espacios consecutivos. Las conducciones de agua y mantener la temperaturas adecuadas en las distintas piscinas era también un reto en las construcciones de estos espacios.

En la época romana, que se puede considerar la de máximo esplendor de esta práctica, los arquitectos tuvieron que aplicar en estos edificios todos los medios con los que contaban e incluso sirvieron para crear modelos constructivos que se aplicaron a otros edificios. Muchas de las soluciones que se dieron a estos espacios se siguieron usando durante siglos y ha sido la arquitectura moderna y el desarrollo tecnológico el que las ha puesto en desuso.

Los primeros espacios destinados a baños se dan en las primeras civilizaciones que empiezan a tener asentamientos semipermanentes, es una construcción a destacar ya que el uso que acoge necesita de un espacio propio, en estas culturas no existía una separación del espacio por usos, todo se realizaba en el mismo transformándolo según la necesidad del momento: en dormitorio, en comedor, etc. El baño por tanto es un edificio único, comunitario, que se encuentra separado del resto ya que tiene que estar próximo al agua para facilitar la captación y el desagüe. En la Península Ibérica los primeros baños que se han encontrado son contemporáneos a la romanización, con clara influencia de los griegos y romanos debido a la distribución. Son tres cámaras consecutivas y un horno; la primera y normalmente al aire libre la piscina de agua fría, la segunda la piscina de agua templada y por último la de agua caliente en contacto con la fuente de calor, en este caso el fuego, para conseguir la temperatura adecuada.

Los muros y cubierta son de piedra por lo que los espacios que se crean son pequeños y angostos, los muros de cerramiento son gruesos y no tienen prácticamente ninguna apertura para la iluminación. Con la piedra la luz que puede cubrirse es muy escasa por lo que la planta del edificio se podría definir como un largo pasillo en que se desarrollan las salas.

La llegada de la cultura romana a la Península trae las soluciones constructivas que venían utilizándose y mejorando, así pues empezamos a encontrar edificios en los que se encuentra desarrollado lo que actualmente conocemos como proceso termal. El sistema para calentar el agua y el ambiente marca la sección constructiva de los paramentos verticales y del suelo de estos edificios, ya que el origen de cualquier sistema de calefacción empieza por una hoguera de la que hay que hacer que el calor se expanda, cuanto mejor sea el sistema de reparto de mejor manera llegará el calor a los lugares que se necesita, se busca conseguir una temperatura de confort de la manera más económica y fácil; y esto se consigue a través de los muros y suelos.

Climatización y cerramiento

En las casas de baños o termas se optó por la concepción de una calefacción a base de hipocaustos debido primero a la complejidad del edificio —distintas estancias a distintas temperaturas— y segundo para evitar en las salas la presencia de humos y gases que pudieran ser tóxicos. El hogar o praefurnium se sitúa en el sótano de la zona de servicio, cerca de un espacio que pueda albergar el depósito de combustible, en este caso carbón vegetal. Una abertura en el muro con una zona delantera donde acumular ceniza además del consiguiente tiro bastaban para hacerlo funcionar. La situación de la zona de alimentar el horno se debía situar en algún lugar cercano a la calle, evitando la principal, ya que debía de aprovisionarse constantemente.

El calor debía expandirse a toda la parte baja de la estancia a calentar, este sótano se denomina hipocausto, para luego ser repartido por los conductos verticales. La cubrición del hipocausto no se realizaba con bóvedas sino con un suelo colgante o suspensura. El suelo descansaba sobre una serie de pilares levantados con ladrillo cuadrado de unos 20 cm de lado y separados entre los ejes unos 60 cm para poder apoyar los ladrillos bipedales, como se Vitrubio los explica en sus libros.

Las piletas tenían una altura de unos 40 cm a 75 cm y la sección solía ser cuadrada aunque en algunas ocasiones se utilizaban ladrillos curvos y su sección quedaba circular salvo las últimas hiladas que debían ser cuadradas para poder asentar correctamente los ladrillos bipedales. En algunos lugares se han encontrado piletas huecas moldeadas en una sola pieza que se fabrican de manera que pudieran empalmarse los extremos; se piensa que se pensó en una estandarización de la construcción de los hipocaustos

pero parece ser que no resultaron muy buenas estas últimas, ya que resistían menos que las pilastras macizas sobretodo bajo las piscinas. También se han hallado piezas talladas de piedras resistentes al calor.

Sobre las pilastras ya hemos comentado que se apoyaba una o varias capas de ladrillos que hacían la vez de cimbra para la posterior colocación del pavimento. Encima de los bipedales se echaba una capa de hormigón de tejoleta de 15 a 20 cm sobre el que extendía la capa de mortero fino para recibir el enlosado de mármol o mosaico. Toda el suelo alcanzaba un canto de unos 30 cm que unidos a la altura de los pilarcitos, el conjunto total era 80 centímetros a un metro.

Los estanques o piscinas en forma de exedra u ocupando el fondo de las salas se colocaban sobre la boca del hogar para recibir el calor de manera más directa, ya que se necesitaba más intensidad para calentar el agua que el aire de las salas. En esta zona se requería una estanqueidad que en otras zonas no era fundamental por eso se solía colocar una lámina de plomo entre los ladrillos bipedales y la primera capa de hormigón.

Se pretendía constantemente aprovechar al máximo el fuego que se encendía y por ello hasta el humo que generaba se utilizaba para calentar durante su camino al exterior. Para ello no se practicaba un hueco en muro que expulsara el humo fuera sino que se hacía circular por el muro —entre la parte portante y el paramento— hasta la cubierta incluso dando vueltas a las bóvedas. Se abrían huecos al exterior para su expulsión. Para facilitar la sujeción del tabique externo se levantaban con ladrillos planos de forma cuadrada provistos de cuatro pestañas prominentes, estos se denominaban tegulae mammatae. Debemos destacar en este punto que este modo de levantar estos trasdosados se utilizaba también en cualquier muro susceptible de absorber humedad como modo de evitar que esta se reflejara en el interior de la estancia; sería una actual cámara bufa.

Esta manera de intentar evacuar el humo aprovechando su calor no era muy eficaz ya que el hueco entre los muros era excesivo y no favorecía la circulación hacía arriba del humo, provocando incluso a veces que retornara ahogando el fuego. Para solucionar esto se encaminaron los esfuerzos a intentar que el espacio por donde circulara el humo fuera más parecido a la forma de las chimeneas, sobre el siglo I d.C. se utilizaban ya los tubuli. Estos, piezas cerámicas de sección rectangular de 8,5 × 13, los más pequeños, y de 14 × 24 los más grandes, se iban empalmando y rellenaban esta cámara formando pequeñas chimeneas paralelas por las que circulaba mejor el humo. Entre las múltiples chimeneas se practicaban orificios para que el humo pudiera, igual que ascendía verticalmente, circular en horizontal. Se comenzaban a colocar desde los ladrillos bipedales y se iban anclando al muro con grapas metálicas en forma de T que los sujetaban de dos en dos. Sobre los tubuli se aplicaba una capa de mortero y la posterior terminación interior a fuera piezas de mármol o revoco.

Finalmente el humo era evacuado al exterior por la parte alta, en uno o varios puntos de la bóveda o la parte superior de la cubierta se abrían los conductos de chimenea que aseguraban, por un lado el tiro y por otro la expulsión al exterior del humo y el aire caliente. Con el aire caliente se conseguía caldear las salas a la temperatura necesaria, para el calentamiento del agua se necesitaba el calor directo del fuego por esta razón es bastante común encontrar las piscinas o los depósitos sobre los hogares ya que esta exigía una mayor energía calorífica para subir su temperatura. Sobra comentar que aquellas termas que se alimentaban de manantiales de los cuales emanaba el agua caliente esta directamente era con la que se llenaban las piscinas, cualquier manipulación —subir más la temperatura— podía hacer perder las propiedades al agua.

La cubierta

Las cubiertas de las termas debido a que el uso del edificio necesita espacios amplios y diáfanos suelen plantearse como bóvedas de mampostería amalgamadas con mortero. Según la época encontramos bóvedas más o menos evolucionadas cuyos diámetros y esbelteces van siendo cada vez más acordes con las necesidades del espacio. La bóveda de materiales cerámicos podemos decir que se adapta perfectamente a las necesidades que tenemos a la hora de cubrir los espacios.

Por un lado por su forma, muchas de las salas de baños son circulares y necesitan de una cubrición también circular que evite la transición entre la forma circular a la rectangular de cubiertas a base de cerchas de madera. Por otro lado la luz que ha que salvar, un ocasiones otros cerramientos no eran capaces de cubrir el espacio sin pilares o columnas intermedias y finalmente la presencia de agua, humo, vapores, etc. resultaba agresivo a la madera con la se ve venía cubriendo otros espacios de luces parecidas.

Estas bóvedas debido a la unión de las piezas de mampostería y el mortero —cada vez más desarrollado— resultaban una vez descimbradas como un monolítico al que se hubiera horadado la forma semicircular interior. Los empujes laterales se producen de la misma manera que en las dovelas de un arco pero en este caso además de ser absorbidos por las piezas de ladrillo lo son por la argamasa que los aglutina.

El proceso constructivo comienza con la colocación de una cimbra de madera que va constituyendo la forma definitiva que tendrá la bóveda, sobre esta cimbra se van colocando los ladrillos formando el caparazón, se colocan algunos medios ladrillos en vertical para contener la colada de mortero. Sobre esta estructura se vierte el mortero y posteriormente el relleno de mampostería hasta alcanzar el nivel del plano superior exterior. Una vez que los morteros están secos se procede a retirar la cimbra y a enlucir el intrados para posteriormente aplicar los acabados y revestimientos interiores.

Las roscas de ladrillo en algunas ocasiones no se realizan y se proceda a un vertido de mortero directamente sobre la cimbra a modo de un hormigón en masa. Los albañiles enseguida empiezan a darse cuenta que el mortero que forma la bóveda se adapta a la cimbra y adquiera la forma que esta tiene. En un primer estadío de estas bóvedas el intradós queda directamente con la forma del encofrado, ya sean franjas más o menos anchas que se marcan por la forma de la madera utilizada. Enseguida los constructores se dan cuenta que pueden dar la forma interior a la bóveda haciendo el molde en el encofrado, así comienzan los intradoses de las bóvedas a tener distintos dibujos geométricos —el ejemplo más famoso es la cúpula del Panteón de Agripa.

La construcción de las cúpulas va desarrollándose y cada vez van siendo estructuras que adaptan el material a los esfuerzos que reciben y se aligeran en aquellos lugares que no resisten y que no reciben los empujes principales. Nervaduras siguiendo los empujes y el resto de los paños más ligeros acaban siendo la tónica general de estas cubriciones. Como de aligerar además de ir utilizando materiales más ligeros según ascendemos por la cúpula se intercalaban ánforas huecas en los lugares en los que se necesitaba menor resistencia del monolito que formaba la cúpula, en la actualidad estas ánforas equivaldrían a las bovedillas utilizadas en los forjados unidireccionales o a las cubetas de los reticulares.

Por lo tanto en los edificios romanos destinados a baños encontramos un esquema de confección similar al Panteón, desde resumir desde los cimientos hasta la cubierta seis fases de construcción y de utilización de materiales distintas:

1. Nivel de cimentación: se realiza mediante opus caementicium o mampostería amalgamada con mortero. La mampostería utilizada en este caso es de travertino de 4.50 m.
2. Arranque de muro de cerramiento vertical: se continua con el mismo tipo de muro pero en esta zona la mampostería utilizada es de toba y travertino.
3. Parte final de muro de cerramiento: se construye la parte alta del muro con opus camenticium de mampostería de toba y ladrillo.
4. Anillo primero de la cúpula: a base de cascajos de ladrillo
5. Anillos intermedios: se alternan ladrillos con mampuestos de toba.
6. Casquete final: se forma con mampuestos de toba amalgamados con lava alveolar para aligerar.

Lista de referencias

Adam, Jean-Pierre. 1996. *La construcción romana, materiales y técnicas.* Madrid: Editorial los Oficios.

Almagro-Gorbea, M. y Moltó. 1992. *Saunas en la Hispania Prerromana; Espacio, tiempo y forma.* Madrid: UNED, Serie Historia Antigua.

Caballero, L. 1985. *Arquitectura privada: las villae, la arqueología tardorromana en España.* Madrid: UNED.

Díaz de Velasco Abelán, Francisco P. *Balnearios y divinidades de las aguas termales en la Península Ibérica en la época romana.* Tesis doctoral, Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense de Madrid.

Fernádez Casado, C. 1980. *Ingeniería hidráulica romana.* Madrid: Colegio de Caminos, Canales y Puertos.

Grandes conjuntos termales públicos en Hispania. Termas romanas en el occidente del imperio, Coloquio Internacional. Gijón.

Olmos, R. 1985. *La arqueología de la colonización griega en España.* Madrid: UNED.

Robertson, D. S. 1985. *Arquitectura griega y romana.* Madrid: Cátedra.

Serra Rafols, J. 1944. *La vida en España en la época romana.* Barcelona: Editorial Alberto Martín.

Vitrubio, Marco. *Los diez libros de la arquitectura.*

Los conocimientos de oleaje en las postrimerías del siglo XVIII y su aplicación a la muralla del vendaval en Cádiz

Juan José Muñoz Pérez
Begoña Tejedor

Aunque algunos autores han estudiado la formación científica de los ingenieros militares del siglo XVIII en España (Capel *et al.* 1988; Galindo 1996), todavía no se ha abordado el conocimiento que tenían de los fenómenos relacionados con el oleaje.

Sin intentar en modo alguno ser exhaustivos, convendría comentar lo que algunos de los tratados más utilizados en la época indicaban respecto a la construcción frente al mar.

En Vitrubio (libro V, capítulo XII) aparecen algunos consejos sobre la manera de hacer un muelle y/o espigón con puzolana (recordemos que fragua bajo el agua) mediante cajones vaciados en lugares relativamente abrigados por un cabo o promontorio: «Todo el espacio encaxonado se igualará y limpiará en el fondo . . . Iráse luego metiendo el material cementicio y el referido mortero hasta que se llene todo el espacio». Se indica también lo conveniente en caso de falta de abrigo: «donde por la violencia de las olas y refluxos de una playa libre y desamparada no pudieren asegurarse los caxones, entonces fuera del agua» Y, de suma utilidad es el siguiente método a base de tablestacas y agotamiento del interior para trabajar en seco bajo el nivel del mar, para cuando no se dispusiera de puzolana: «pero donde se careciere del referido polvo se procederá de esta manera. Métanse dobles caxones bien travados con tablas . . . y luego en el vacío entre uno y otro caxón se irán metiendo esportones de enea llenos de greda, bien apisonados. En estando bien calcado y bien denso dicho material, se sacará el agua del caxón interno, agotándola con cocleas, ruedas o tímpanos; y después se abrirán las zanjas en aquel espacio. Si el suelo fuere de tierra, se profundizarán hasta lo firme, y siempre más anchas de lo que ha de ser la fábrica fuera de la tierra. Luego vaciadas de la tierra y agua, se llenarán de estructura compuesta de piedra menuda y mortero de cal y arena». Véase en la figura 1 una construcción similar en *Los Veinte y Un libros de los Ingenios y las Maquinas* (Anónimo s. XVI). Manuscrito no publicado en su tiempo por considerarse secreto militar, en su capítulo diecinueve habla sobre edificios de mar y cómo se han de hacer y acomodar en diversas maneras.

Otro punto interesante es la opción de pilotajes de madera encepados (todavía muy utilizada hoy en día

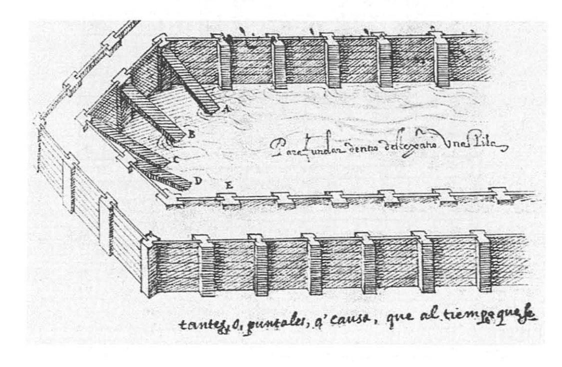


Figura 1
Recinto de tablestacas para fundar dentro del agua. (*Los Veinte y Un Libros de los Ingenios y Máquinas*)

en los fangos de la Bahía de Cádiz: «pero no hallando suelo firme, se hará empalizada de estacas chamuscadas de chopo, olivo o roble . . . Sobre este suelo se levantará en rededor una pared de piedras esquadradas, lo más largas que se pueda, para que haya menos juntas, y traven mejor a las piedras de encima. El vacío que queda en medio se llenará de cascote, o bien de estructura: y en esta forma se podrá levantar aunque sea una torre encima».

Cristóbal de Rojas nada dice sobre obras marítimas en sus tratados publicados de 1598 y 1613. Sin embargo, en un manuscrito inédito fechado en 1607, aborda el tema de las cimentaciones mediante pilotes hincados y bloques de piedra agujereados en su centro y que se haría pasar por los mismos (fig. 2): «se irán hincando una hilera de estacas del grueso de medio pie en cuadro, a dos pies una de otra, como aparece en la planta y montea a que me remito . . . y luego se irán poniendo piedras, hechos sus agujeros en cada piedra, para que vayan bajando por la estaca . . . y se irá colocando otra hilada de piedras al contrario sobre las primeras».

Es muy posible que Cristóbal de Rojas se basara en los tratados italianos de ese mismo siglo XVI. No obstante, lo mencionado en el párrafo anterior no aparece en ninguno de ellos. Únicamente en Maggi y Castriotto (1564) y en Marchi (1599) se habla muy someramente, sólo unas líneas, de las construcciones junto al mar (cap. 3 en el primer caso y 8 en el segundo).

No debemos dejar de citar en el siglo XVII a Marolois (1614) en cuyas ilustraciones 105 y 109 se representa la cimentación por pilotes, y en la 106 se aprecian claramente gaviones de escollera atados con cuerdas y estacas delante de una muralla expuesta a los ataques de mar. Solución excelente para cauces fluviales, pero totalmente ineficaz frente al mar.

Otro tanto acontece con los libros de texto usados en las academias de ingenieros del siglo XVIII. Plo y Camin (1767), sólo habla del agua en cauces o canales y de la pendiente que debe dárseles desde un punto de vista empírico. Bails (1796) plantea que las poblaciones a la orilla del mar tiene muchos contratiempos y recuerda el consejo de Platón de situarla cuatro leguas lejos de sus orillas pues: «Casos lastimosos tienen acreditado que el mar no tiene

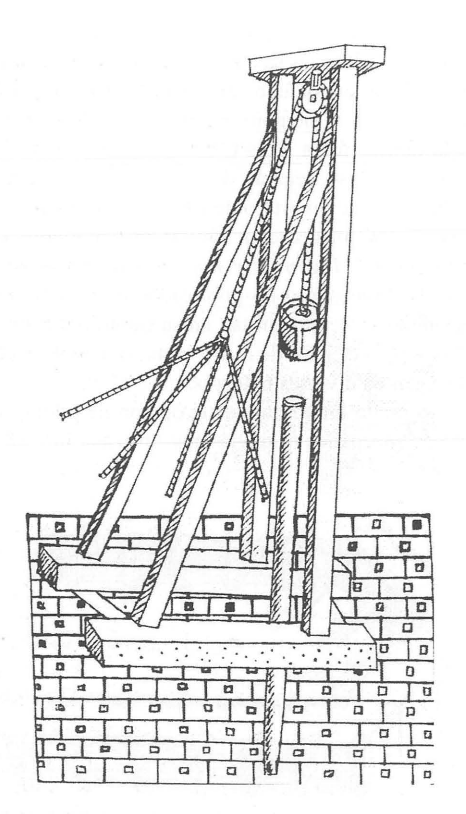


Figura 2
Máquina de hinca de pilotes y vista en planta de la disposición de sillares agujereados pasados a través de los mismos (Cristóbal de Rojas, Sumario de la Milicia Antigua y Moderna)

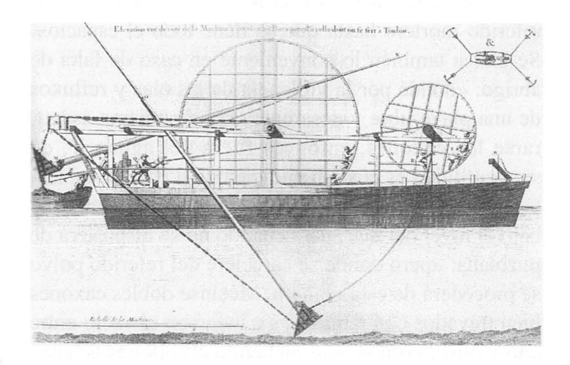


Figura 3
Draga para extracción de fangos en el puerto de Toulon (Architecture Hydraulique de Belidor)

invariables sus límites, pues ha sorbido muchas playas y tierra inmediatas, conforme se está viendo en Bretaña, Olanda, etc». En el famoso libro de Belidor (1737) se menciona algo sobre trabajos portuarios, como la draga usada en Toulon para la excavación de fondos fangosos (fig. 3), los gánguiles con apertura por fondo para vertido de hormigón sumergido, o recomendaciones para la construcción de diques secos (Strauss 1949). Sin embargo, su principal preocupación es la construcción de esclusas para salvar desniveles, y nada o muy poco dice sobre murallas frente al mar o los efectos del oleaje en sí.

Las murallas de Cádiz

En 1596, una fuerza combinada anglo-holandesa de 15.000 hombres a las órdenes del conde de Essex, embarcados en más de 150 naves, ocupan e incendian la ciudad de Cádiz. Tales son los daños que Felipe II se plantea el abandonarla o el convertirla en presidio (de Castro 1858). Decidiendo finalmente el fortificarla, se desplazan hasta la villa el ingeniero Cristóbal de Rojas y el arquitecto Juan de Oviedo. La construcción de baluartes en Santa Catalina, San Sebastián, San Lorenzo del Puntal y Puertas de Tierra no acaba hasta 1639. Sin embargo, las obras comenzadas serán suficientes para desbaratar un nuevo ataque de los ingleses comandados por Robert Deveraux, nuevo conde de Essex, hijo del anterior, en 1625. A mediados del siglo XVII el recinto de la ciudad tenía algunas zonas sin amurallar todavía. Tras laboriosas gestiones, la ciudad de Cádiz obtenía en 1693 licencia para imponer distintos arbitrios para construcción de los lienzos que restaban. Esa preocupación estaba justificada pues Cádiz continuaba siendo objetivo británico. En 1702 se rechaza a la flota de sir George Rooke, excelente estratega que conquistará Gibraltar poco después en 1704.

La mayor parte de estas murallas no tuvo problemas de estabilidad pues se cimentaron sobre una roca arenisca típica de la zona que por las muchas conchas que contiene se conoce popularmente como piedra ostionera. No obstante, existe una porción del perímetro de Cádiz, denominada banda del Vendaval (fig. 4), que corre de oriente (desde Puertas de tierra) hasta Occidente (hasta el baluarte de Santa Catalina), de cara al mediodía (actualmente se le conoce como el Campo del Sur), cuya cimentación nunca fue tan firme.

Por su orientación, está expuesta a los temporales del suroeste (de ahí su toponimia). Además existían unos bajos rocosos que la protegían de cualquier enemigo: «Desde esta ermita de Santa Catalina baña la mar unas barrancas de peñas altas y difíciles que sirven de muralla y defensa de la ciudad por aquella parte, llegan hasta la entrada de tierra tocando en la muralla que dijimos que tiene frente a la ciudad . . . Por esta parte y por estas causas es inexpugnable y está bien guardada y amparada la ciudad, demás que el mar que por allí combate aquellos promontorios es playa llena de escollos y bajíos por donde no pueden navegar ni llegar bajeles ningunos ni aún barcos pequeños» (Abreu 1866).

> Nunca recelaron los vecinos de la ciudad un desembarco por ella, sino más bien el estrago causado por el castigo del océano. Temíase que las aguas del mar, una vez hubieran arruinado la costa, de más altura que el resto de la población, anegarían y sepultarían toda la ciudad (Fernández Cano 1973, 100).

Al encontrarse la antigua catedral (la nueva se construyo también cerca del acantilado) en el centro de ese tramo del Vendaval la ciudad no cesó nunca de intentar conseguir la participación económica del cabildo eclesiástico por considerar que la muralla garantizaría la seguridad tanto de la catedral como de la residencia aneja del obispo. Tras ser condenado por el Consejo de Castilla al pago de 2.000 ducados, el obispo consideró muy seriamente el traslado de su residencia.

Tras los destrozos causados por el temporal de 1670 y siguientes, la ciudad elevó súplica a Su Majestad (Carlos II) que ordenó se le informara con todo detalle y que se propusieran arbitrios para sufragar los gastos de la futura muralla. En enero de 1675 se envió nuevo informe en que se indicaba que «las últimas ruinas habían reducido la anchura del paseo extendido a lo largo de la ermita de Santa Catalina a una anchura de veinte varas . . . el golpe de mar que llegare a superarla [la ermita] no ha de poder volver a salir por donde entró y ha de venir a parar a la bahía, atravesando y destruyendo todo el lugar, y si a esto no se le pone eficaz remedio, según el daño que por esta parte ha hecho la mar en unos años a esta parte, es segurísimo que no podrá

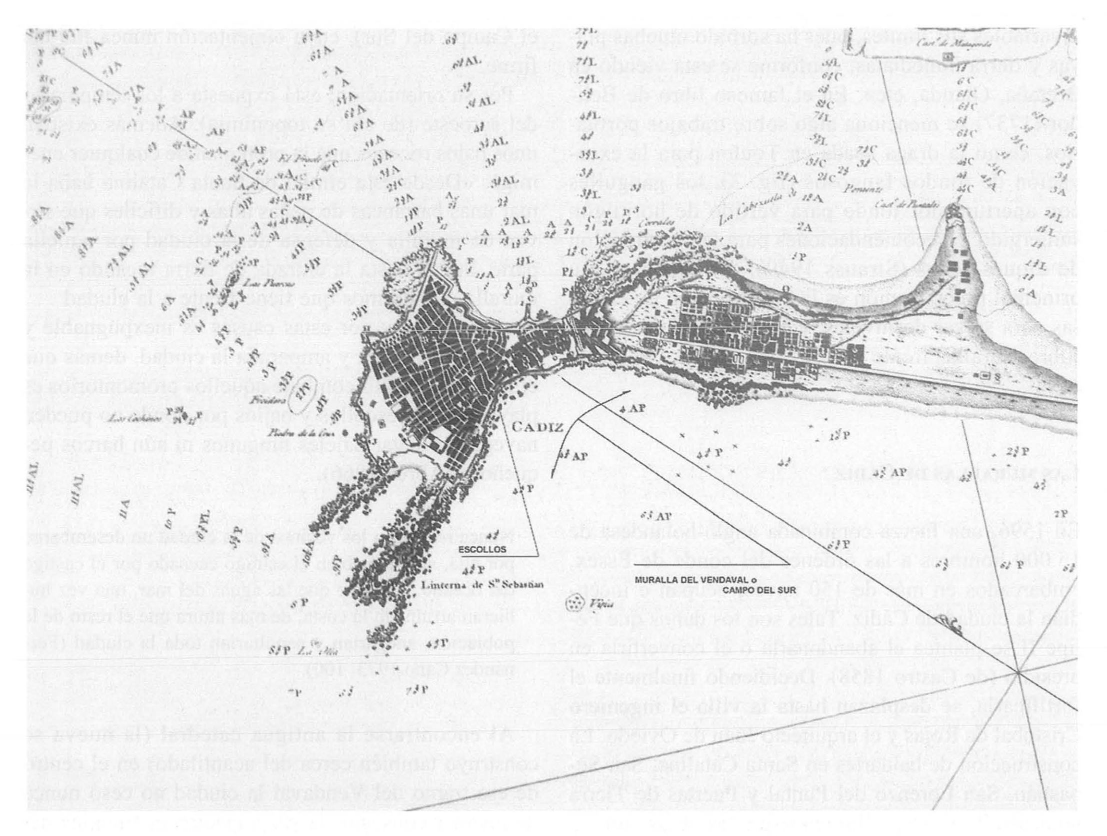


Figura 4
Vista de la ciudad de Cádiz donde se indica la zona del Vendaval. Carta de Vicente Tofiño 1789

durar Cádiz muchos años y anegado y perdido Cádiz, se pierde también la Bahía» (Fernández Cano 1973, 103).

Es obvia la exageración que el informe del concejo hace de los riesgos. En caso de temporal se produciría una socavación al pie del talud que induciría deslizamientos en su cabecera y un progresivo retroceso del frente de tierra. La elevada altura del acantilado (unos 15 metros sobre la bajamar máxima viva equinoccial —BMVE— en aquella zona) impide que el nivel del mar lo sobrepase. Calculos probabilísticos efectuados con el Atlas de Inundabilidad (GIOC 1999) nos proporcionan valores de unos 9 metros de elevación del nivel del mar para periodos de retorno de 50 años. La única agua que podía sobrepasar el cantil era la de los rociones de las mayores olas. Molesto, sí, pero no peligroso y mucho menos catastrófico. Puesto que los ciudadanos de Cádiz sabían todo esto, ¿a qué el alarmismo del anterior informe? Otrosí. ¿Por qué diseñar una muralla tan apartada del frente del acantilado? En la figura 5, se aprecia, en el plano dibujado por Alberto Mienson en 1719, como en algunos puntos se avanza hacia el mar hasta 50 toesas (unos 100 metros). Ello supondría una superficie ganada al mar de unos 35.000 m^2 siempre y cuando se rellenara el trasdós, un volumen superior a los 350.000 m^3.

Sólo dos años después, en 1721, tras ímprobos esfuerzos, se decide retranquear el proyecto original «a vista de ser imposible seguir el de Mienson por ir por paraje que nunca escora la mar aun en mareas vivas, y haver de sacar tres varas de arena para buscar el cimiento firme, no siendo terreno capaz de Pilotaje ni Cajones para fundar sobre ellos» (fig. 6).

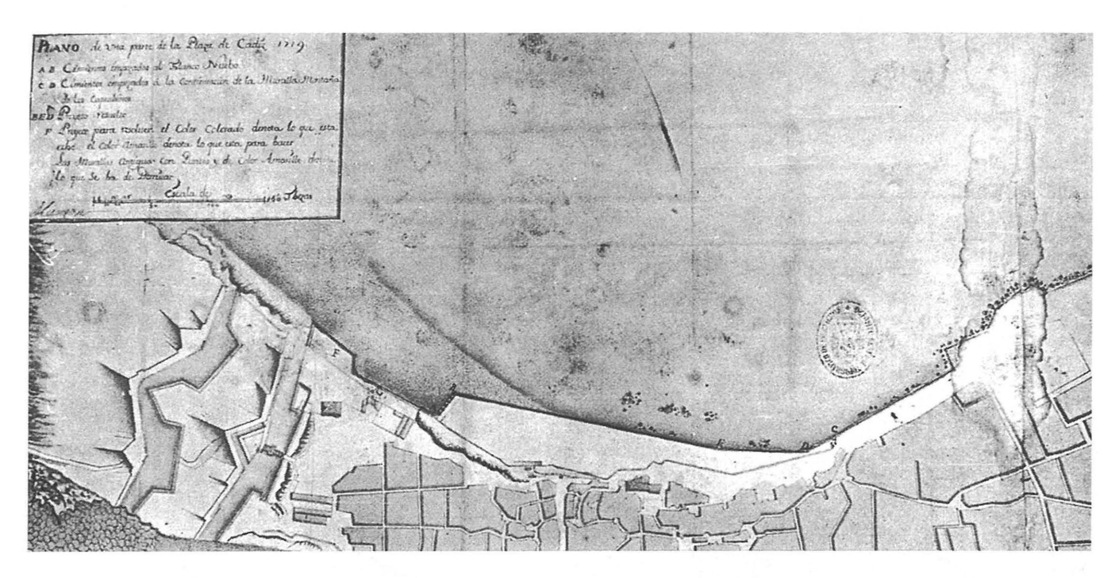


Figura 5
Plano de la muralla del Vendaval de Cádiz, por Alberto Mienson en 1719. (Servicio Histórico de la Marina, N.M.10–5: 11ª extraído de Calderón Quijano 1978, figura 455)

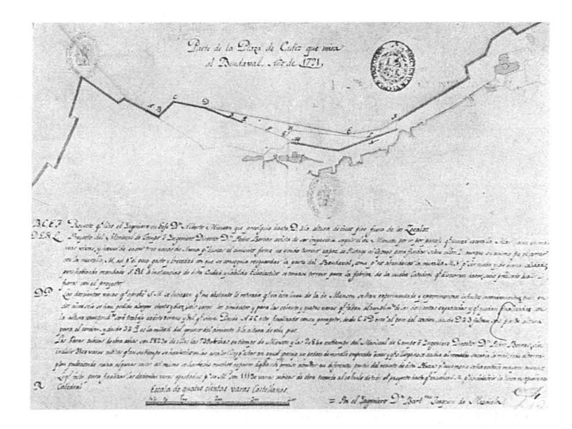


Figura 6
Plano de la muralla del Vendaval de Cádiz, por Bartolomé Joaquín de Mendiola en 1721. (Servicio Histórico de la Marina, N.M.10–5: 13ª extraído de Calderón Quijano 1978, figura 456)

En el siguiente apartado se comentará la evolución de las diferentes soluciones constructivas contempladas y más especialmente la del Brigadier Tomás Muñoz que consiguió finalizar la muralla tras dos siglos de empeños infructuosos.

Diferentes diseños de la muralla del Vendaval

Ya en 1608, Cristóbal de Rojas indicaba en la leyenda de un plano (Archivo antiguo de la Catedral de Cádiz, sig. 19, nº 1) que «después de hecha esta muralla . . . se le pondrá delante contra El agua cientos peñascos de piedra dura que tenga cada uno ciento y cincuenta aRouas por lo menos, puestos y encaxados con concierto y en los guecos o bacios que ubiere se encaxaran piedras medianas para que todo esté trabado da manera que quiebre alli la furia de las olas del agua y no hagan daño a la muralla nueba».

A continuación, se van a presentar una serie de planos de perfiles levantados a lo largo del siglo XVIII que nos permitirán observar la evolución, en su caso, de las distintas soluciones planteadas. Debe insistirse en que no están todos los intentos, se trata sólo de una selección. La figura 7 consiste en cuatro perfiles dibujados por el ingeniero Ignacio Sala en 1728. Los muros, a base de sillares de piedra concertada, tienen una inclinación media de unos 11°. La altura del terreno natural sobre la bajamar es de unos doce metros, levantándose la muralla otros cuatro metros por sobre el terreno a manera de espaldón que evite el paso del roción de las olas. La profundidad

Figura 7
Perfiles de la muralla del Vendaval por Ignacio Sala en 1728 (S.H.M., N.M. 10–5–15ª, figura 460 de Calderón Quijano 1978)

de la cimentación sí que varía: entre uno y tres metros por debajo del nivel de la bajamar. Tanto en el 1–2 como en el 3–4 se aprecian sendas grietas horizontales de unos dos metros de profundidad que afectan al muro al nivel de la bajamar o algo inferior. La solución consistió en la aportación de escollera en su frente, formando un dique de protección cuya coronación estaría a media carrera de marea y el talud sería de unos 45°. Las piedras dibujadas tienen una forma más lajosa que cúbica (propia de los estratos de la arenisca calcárea de la zona). Las mayores tienen un tamaño de 1,5 m de largo por unos 60 cm de alto, lo que podría suponer unas 3 toneladas de peso.

La figura 8, de Juan Cavallero, es de mediados del siglo XVIII (ya aparece la plaza de toros de planta

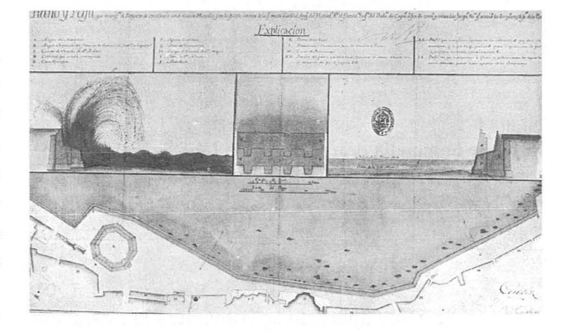


Figura 8
Planta y perfiles de la muralla del Vendaval por Juan Cavallero hacia 1772 (S.H.M., N.M. 9–18, figura 448 de Calderón Quijano 1978)

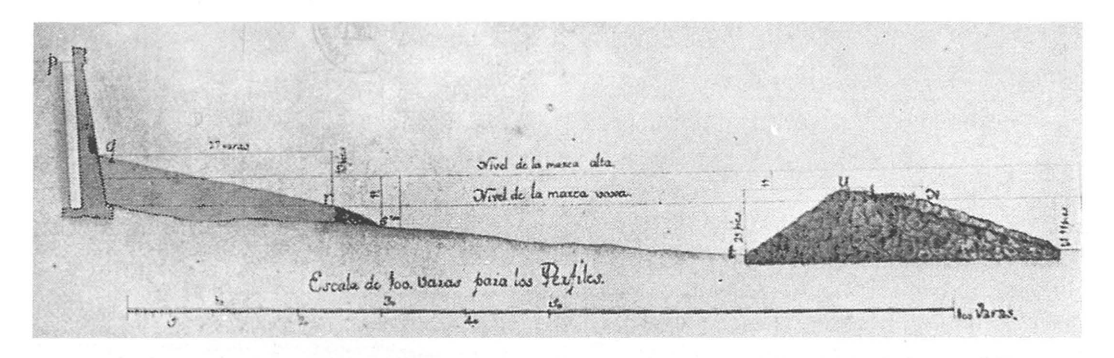


Figura 9
Perfil de la muralla del Vendaval con dos soluciones a base de rampa y dique de escollera, sin firma, s. XVIII (S.H.M., N.M. 9–23–2ª, figura 449 de Calderón Quijano 1978)

octogonal). En este plano, se apunta una solución de retranqueo de la parte superior de la muralla (q) mediante la desmantelación del muro existente (r) y aprovechamiento tanto de los sillares como de la cimentación (p). En el gráfico de la izquierda se expone el efecto buscado de redireccionamiento del roción de la ola de vuelta hacia el mar (nuestros actuales botaolas).

El siguiente plano (fig. 9), sin firma, es también de la segunda mitad del XVIII. Muestra un plano inclinado ante la muralla (OMNG). Se desestima su construcción y se recomienda la de un dique de escollera (OIKLM). Obsérvese que el talud exterior, más expuesto, es de un 2/1 (unos 27º) mientras que el interior, más protegido, es un 1/1 (45º). No obstante, esta inteligente disposición para romper el oleaje y provocar la disipación de su energía, falla al colocar el dique a una profundidad de 18 pies (unos 5.5 metros) respecto a la bajamar, lo que supone que las olas incidentes pueden ser de más de cuatro metros y el primer temporal lo destrozaría.

Análisis del diseño de Tomás Muñoz

En menos de 4 años, de 1787 a 1791, el ingeniero Tomás Muñoz finaliza la muralla del Vendaval. El trabajo efectuado a lo largo de 1050 varas se muestra en la figura 10. Sólo se realizaba de mayo a septiembre y durante las horas de bajamar. Se allanó el terreno librándolo de los abundantes escollos por medio de barrenos. Los fragmentos de la piedra así desmenuzada eran extraídos del fondo por buzos. Al pie del muro se hincaron una serie de pilotes de madera atados en cabeza con otros tablones. En los huecos existentes se ubicó piedra de un pie de diámetro como mucho. Sobre ella se acomodó una rampa de madera de unas 24 varas de largo, que empezaba a una cota de 6 varas (unos 5 metros) por encima de la bajamar y acababa a dicho nivel. Eso suponía una pendiente de 15º y no de 8º como dice Calderón Quijano (1978, 446). Delante del susodicho maderamen se colocó escollera de una vara cúbica (aprox. 1,5 toneladas) con la misma inclinación.

Se había cumplido un viejo empeño, desde 1600, del pueblo gaditano. Los contemporáneos no regatearon elogios. Lamentablemente el éxito fue efímero. El mismo invierno de 1792 se abrió una brecha frente al Palacio Episcopal. Según Fernández Cano (1973, 192), el conde de Maule, en 1813, expone: «ya comenzó a resentirse el entablado, y en los siguientes [años], no sólo se destruyó, sino que rompió la mar el muro de piedra por algunos de los mismos puntos que había hecho antes. Por último, en los años que han corrido, casi todo aquel trabajo ha desaparecido, y solo queda una triste memoria de las inmensas sumas expedidas inútilmente . . . Tal vez colocando grandes piedras a manera de escolleras, formando con ellas diversos grupos en los puntos más acometidos porque reventarían ellos las olas y llegarían sin fuerza al muro: en esto se procuraría imitar la naturaleza».

En la figura 11 se ofrece una panorámica de las obras de la muralla del Sur. Apréciense las bateas que

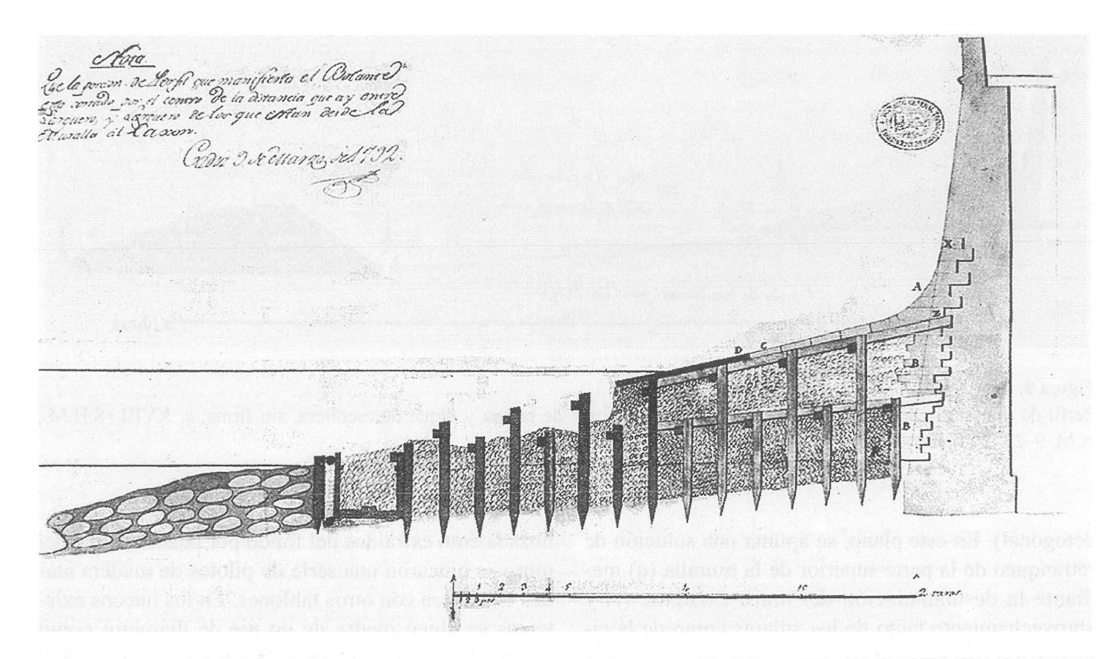


Figura 10
Perfil de la muralla del Vendaval en 1792 ejecutado por Tomás Muñoz (S.H.M., N.M. 13–14–1ª, figura 469 de Calderón Quijano 1978)

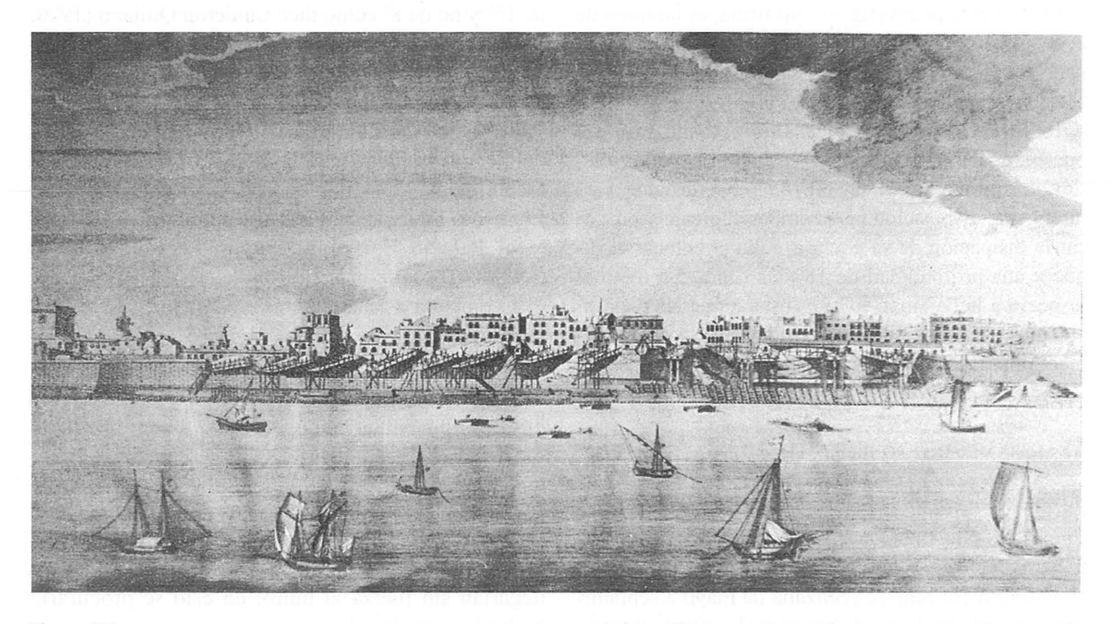


Figura 11
Vista de la plaza de Cádiz por la parte del Sur y construcción de su muralla y una playa artificial para protegerla ejecutado por Tomás Muñoz (S.H.M., N.M. 13–14–1ª, figura 128 de Calderón Quijano 1978)

llevan escollera desde los barcos fondeados y los distintos frentes de la obra: completamente acabada a la izquierda, construcción de lienzo de muralla, ídem de playa artificial, y materiales acopiados a la derecha.

Discusión y conclusiones

Analizando todo lo antes mencionado, podemos llegar a las siguientes reflexiones:

- Anotar antes que nada que el público en general al que se dirigen estas reflexiones, aconseja la introducción de fórmulas sencillas que serán suficientemente aproximadas para justificar nuestros comentarios pero que pudieran llamar la atención por su aparente falta de rigor a los especialistas en Ingeniería de Costas.
- Los ingenieros del s. XVIII sabían que cuanto más grande fuera la piedra mejor resistiría los embates del oleaje. No tenían una formulación como la desarrollada por Iribarren (1938) o la más conocida de Hudson (1953).

  $$W = [\rho_s H^3] / [Kd \cot g\, \theta (\rho_s / \rho_w - 1)^3]$$

  Donde
  W es el peso de cada pieza de escollera
  ρ_s y ρ_w son las densidades de la piedra y del agua de mar
  H es la altura de ola
  Kd es un coeficiente de trabazón de valor 3,5 aprox. para escollera
  cotg θ es el talud del dique.

  El tamaño se diseñaba en base a la experiencia. Tanto Cristobal de Rojas como Tomás Muñoz hablan de pesos similares: 150 arrobas (aprox. 1.700 kg) el primero y piedras de una vara cúbica (aprox. 0,6 m^3 ó 1,5 toneladas) el segundo.

  Sin embargo, a pesar de tratarse del mismo lugar, las circunstancias no eran las mismas. Al volar con barrenos los bajos rocosos, no sólo se eliminó una defensa natural, sino que la profundidad aumentó. Actualmente sabemos gracias a la teoría de rotura por fondo de onda solitaria de Mc Cowan (1894) que hay una relación entre la altura de ola en rotura (H_b) y la profundidad (h_b) en ese punto: $H_b = 0,78\, h_b$.

  Con que sólo excavaran dos metros más (es la profundidad de las cartas actualmente y dicen que las piedras se sacaban con buzos), eso supondría pasar de una H de 3,20 m en pleamar a 4,80 m; es decir, un incremento del 50%. Más aún, de acuerdo a la formulación de Hudson, el peso necesario para que un bloque soporte una ola determinada es inversamente proporcional a la pendiente y a la densidad pero directamente proporcional al cubo de la altura de ola. Esto es: $4,8^3 / 3,2^3 = 3,38$, el peso debería ser un 338% superior. O sea, que si se fijaron en experiencias anteriores o en piedras allí existentes, resulta que se quedaron cortos al modificar ellos mismos las condiciones de contorno. No sólo las piedras que colocaron eran de escaso tamaño, sino que las existentes dejaron de ser estables.
- El comentario anterior es de aplicación también a la solución del dique de la figura 9. Tanto el tamaño de la piedra como el talud del 2/1 serían adecuados siempre que la profundidad a la que se hubiera dispuesto hubiera sido inferior a los 18 pies a la que se diseñó.
- Cristóbal de Rojas afirmaba que las rocas deberían estar trabadas, encajando piedras más pequeñas en los huecos que dejaran las grandes. Algunos autores piensan que esta disposición vuelve al dique más reflejante y evita una rotura más completa de las olas. Sin embargo, Moreno *et al.* (2001) han demostrado que se trata de una solución no sólo viable sino sumamente económica y que minimiza el impacto visual.
- Los textos no dicen nada sobre hasta qué cota debería colocarse la protección de escollera. En la actualidad, el francobordo mínimo usual es de 1,5 H por sobre el nivel de la máxima pleamar (PMVE). Si nos fijamos en los perfiles de las figuras anteriores veremos que llegaban hasta unos dos metros por encima de dicha PMVE, una constante que no tenía en cuenta la altura de la ola.
- Por otra parte, tampoco había preocupación alguna por la medición de dicha altura de ola ni hemos encontrado cita alguna sobre los fenómenos de elevación del nivel del mar por marea meteorológica, set-up o run-up.
- Algunos de los ingenieros sí muestran en sus dibujos una observación de la rotura del oleaje. Por ejemplo, Juan Cavallero (fig. 8) dibuja un

croquis de una ola rompiendo sobre el paramento vertical de la muralla en el que el roción se desvía de vuelta al mar en vez de progresar hacia el interior de la ciudad, persiguiendo un efecto similar al de los botaolas de nuestros actuales espaldones.

- La solución actual (última actuación en 1990) no difiere de la presentada por el conde de Maule (1813) tras el fracaso de Tomás Muñoz (1792). Un rompeolas adosado al pie de la muralla a base de bloques de hormigón. Tras la guerra civil se colocaron bloques de 1 m de lado (2,3 ton) que con el tiempo han aumentado hasta 1.5 m de lado (7,8 ton) y un talud de un 3/2 (aprox. 34º).
- No pensaron en los efectos dinámicos del oleaje sobre los pilotes de madera. Una estructura puede ser capaz de resistir un empuje determinado de una manera estática en una ocasión. Pero la repetición dinámica de una misma fuerza (como ocurre con el oleaje que se repite cada periodo de entre 5 a 12 segundos) puede agotar la resistencia de cualquier material al cabo de un cierto tiempo. Eso fue lo que les pasó a los pilotes. Bien anclados en un primer momento, acabaron soltándose y dando al traste con todo el diseño resistente de la rampa.
- Los conocimientos técnico-matemáticos de los ingenieros tuvieron escasa influencia en la aplicación a casos reales. Incluso en textos de elevado nivel como el de Belidor (1737), el diseño se basa exclusivamente en experiencias personales y una buena práctica. Así pues, parece deducirse que los adelantos teóricos son condición necesaria pero no suficiente para su aplicación práctica. Hasta Iribarren (1938) no se conocerá una formulación que relacione el peso de la escollera con el cubo de la altura de ola.
- Finalmente, se demuestra factible la utilización de grabados para, mediante su interpretación por técnicos especializados, deducir metodologías de diseño y construcción así como acotar los conocimientos teóricos del momento.

LISTA DE REFERENCIAS

Abreu, P. 1866. *Historia del saqueo de Cádiz por los ingleses en 1596*. Cádiz: 20–21.

Anónimo. s. XVI. *Los veinte y un libros de los ingenios y máquinas*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Fundación Juanelo Turriano. Edición facsímile.

Bails, B. 1796. *Elementos de Matemática. Tomo IX, parte I, que trata de la Arquitectura Civil*. Madrid.

Belidor, B. F. 1737. *Architecture Hydraulique*. Cuatro volúmenes. Paris.

Calderón Quijano, J. A. 1978. *Cartografía militar y marítima de Cádiz 1513–1878*. Sevilla: Escuela de estudios hispanoamericanos, CSIC.

Capel, H.; J. E. Sánchez y O. Moncada. 1988. *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares del siglo XVIII*. Barcelona: Serbal-CSIC.

De Castro, A. 1858. *Historia de Cádiz y su provincia desde los remotos tiempos hasta 1814*. Cádiz: Imprenta de la Revista Médica.

Fernández Cano, V. 1973. *Las defensas de Cádiz en la Edad Moderna*. Sevilla: CSIC.

Galindo, J. A. 1996. *El conocimiento constructivo de los ingenieros militares del siglo XVIII. Un estudio sobre la formalización del saber técnico a través de los tratados de arquitectura militar*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya. Tesis doctoral.

GIOC. 1999. *Atlas de Inundabilidad del litoral español*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.

Hudson, R.Y. 1953. *Wave forces on breakwaters*. Trans. of ASCE, vol 118, 546 p.

Iribarren, R. 1938. «Una formula para el cálculo de los diques de escollera naturales o artificiales». En *Revista de Obras Públicas* (septiembre de 1938).

Mac Cowan, J. 1894. «On the highest waves of a permanent type». En *Philosophical Magazine*. Edinburgh. Ser. 5, 38: 351–358.

Maggi y Castriotto. 1564. *Della fortificatione delle citta, libri tre*.

Marchi. 1599. *Della Arquitectura militare*. Brescia.

Marolois. 1614. *Opera matematica, ou Oeuvres mathematiques de geometrie, perspectiva, architecture et fortification*.

Moreno, L., J. J. Muñoz, A. Bernabeu, L. Fages y A. de la Casa. 2001. «Espigones de bajo coste: Diseño y coste de mantenimiento». En *VI Jornadas españolas de Ingeniería de Costas y Puertos*. Mallorca.

Plo y Camin, A. 1767. *El arquitecto práctico, civil, militar y agrimensor, dividido en tres libros*. Madrid.

Rojas, Cristóbal de. [1598–1607–1613] 1985. *Tres tratados sobre Fortificación y Milicia*. Madrid: CEHOPU. Facsimil y recopilación.

Strauss, H. 1949. *Die Geschichte der Bauingenieurkunst*. Basle: Verlag Birkhauser.

Vitrubio, M. [23–27 a.C.] 1787. *Los diez libros de Arquitectura. Traducidos del latín y comentados por D. Joseph Ortiz*. Madrid: Imprenta Real.

Exigencias constructivas en la arquitectura vernácula del Señorío de Molina (Guadalajara) durante los siglos XIX y XX

Paz Núñez Martí

El Señorío de Molina compone una comarca de la provincia española de Guadalajara, cuya capital es Molina de Aragón. Esta comarca limita al norte con Soria (comarca de Tierra de Medinaceli) y Zaragoza (comarca de la Comunidad de Calatayud), al este con Zaragoza (comarca del Campo de Daroca) y Teruel (comarca del Jiloca), al sur con Teruel (comarca de la Sierra de Albarracín y al oeste con la provincia de Cuenca y el resto de la provincia de Guadalajara (fig. 1).

Los primeros vestigios de asentamientos humanos datan de la época en la que formaba parte del centro de la Celtiberia, de la que quedan numerosos castros repartidos por toda la zona, el más importante de ellos el ubicado en la Peña Moñuz (municipio de Olmeda de Cobeta dentro de Parque Natural del Alto Tajo).

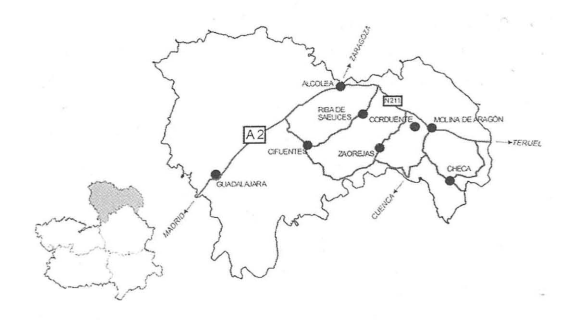


Figura 1
Mapa del Señorío de Molina

Durante los siglos XI y primer cuarto del XII surgió una escueta monarquía enmarcada en el reino de Taifas del Al Andalus, confiriéndole cierta independencia y vida propia muy alejada de su pasado, casi de despoblación, durante la época del Califato. Como dato curioso, el último rey de Molina, Aben-Galbón, fue un personaje muy castellanizado, tolerante y temeroso, aliado íntimo del Cid Campeador, brindándole asilo en sus viajes de Burgos a Valencia, según cuenta el cronista en el Cantar. Pero sería imposible comprender la configuración social, política y territorial de la zona sin conocer los avatares para conseguir la unidad de Castilla en la Edad Media.

La esencia de la dinámica social de Castilla fue la institucionalización de los antiguos Comunes de Villa y Tierra, que abarcaron la Extremadura castellana y los territorios de la Transierra, ocupando una amplia franja media entre las Merindades al norte y los territorios manchegos de las Ordenes Militares al sur.

Las tierras que poco a poco van siendo reconquistadas durante el siglo IX en Castilla y la Extremadura Castellana, llamadas presuras se establecían propietarios independientes, de gran iniciativa, base del campesinado libre, que solo reconocía al Rey como magnate único. A su vez se agrupaban en caseríos o pequeñas aldeas, asociándose en pequeñas comarcas o territorios voluntariamente constituidos. Se regían según su Derecho tradicional, de origen germánico. Después de conformarse en Comunes recibieron la

confirmación real de su Fuero. Sin embargo en las presuras de gran extensión, dirigidas por el Rey, se erigía una cabeza de comarca, normalmente una ciudad o villa grande, y se iniciaba la repoblación. La organización era semejante a las presuras pequeñas y el Rey en Fuero, señalaba los límites dejándoles y permitiéndoles una salida libre hacia el territorio árabe. Es así como surgen los Comunes de Villa y Tierra. Esta institución estaba constituida por:

- La Villa: dependiente exclusivamente del Rey, gobernada por un Concejo local y normalmente rodeada por una muralla que la protegía y permitía su acceso mediante sendas puertas distribuidas en su perímetro. Desde la villa como cabeza se repuebla el territorio de una manera coordinada.
- La Tierra: dependiente de la Villa, poblada de aldeas y repartida en sexmas o territorios de dimensiones semejante que venía a dividir el espacio en seis partes, en un principio. Dentro de la organización y administración de esta Tierra tenemos unos tipos de dominio que son los que más nos interesan: Por una parte la Tierra de Abadengo, en la que el señorío lo ostenta un obispo o el abad de un monasterio y por otra la Tierra solariega, en la que el señorío es de un noble o de una Orden Militar o la tierra de Behetría, un señorío especial en el que los pobladores tenían el derecho de elegir a su señor.

Las características sociales de dichas tierras son sencillas. La Villa y sus aldeas están pobladas por hombres libres, regidos por un Fuero único. Son propietarios de la tierra ya sea como propiedad privada de los campesinos, de cada aldea o propios de la Villa o bienes comunes tales como pastizales, montes, dehesas o ejidos.

Molina de Aragón fue conquistada en 1129 y entregada por el Rey de Castilla a su cortesano don Manrique de Lara en Señorío, aunque instituido como behetría de linaje. En 1154, este señor concede un Fuero repoblador que da vida al territorio, llegando a estar constituido por las correspondientes sexmas,[1] y un total de 100 aldeas dependientes de la capital, la Villa de Molina, dotada de un fuerte castillo y una poderosa muralla. El Común se había desarrollado como uno de los más potentes de Castilla bajo la dinastía de los Lara pasando a ser de realengo a finales del siglo XIII.

Los siglos posteriores vienen marcados por la asistencia intermitente de los reyes de Castilla que consideraban a este Señorío más como moneda de cambio entre acuerdos políticos que como zona de economía emergente.

La estabilidad política y el inicio de su decadencia vinieron con la Guerra de la Independencia. En 1808 se creó en Molina de Aragón una Junta de Defensa presidida por el Corregidor Don Antonio Vilariño, movilizando a todos los hombres útiles del Señorío. El Empecinado, abandona la ciudad el 2 de Noviembre de 1810, tras ordenar que le prendiesen fuego a toda ella. La ciudad arde en la noche, presa de las antorchas francesas.

Durante la Guerra Civil es frontera de ambos bandos, siendo enjalonada con trincheras, bunquers y zonas protegidas estratégicamente diseminadas por el paisaje del Alto Tajo. A mediados de los años 60 del siglo XX, el Señorío de Molina sufre una fuerte migración hacia las grandes ciudades ocasionando una fuerte depresión poblacional y abandonando casi la totalidad de la producción agrícola y ganadera.

La arquitectura vernácula del Señorío de Molina: Los Pajares y Chozones o parideras sabineras

Caracterización de la Comarca

Podemos citar, al menos, seis puntos singulares que nos dan a conocer la zona de estudio:

1. Clima: La altitud y situación de Señorío de Molina en el Parque Natural del Alto Tajo influye en su clima, mediterráneo continentalizado con momentos de clima de montaña, con temperaturas frescas y moderadas precipitaciones. Las temperaturas medias de 26° en verano y –2° en invierno.
2. El paisaje está condicionado por la red hidrográfica conformada por el tramo alto del propio río Tajo con afluentes directos e indirectos. Este accidente configura un paisaje en el que destacan cañones y hoces fluviales continuas.
3. Flora de dos tipos principales, uno de bosque mediterráneo con sabinas y quejigos de gran

porte y encinas combinados con matorral bajo y medio de tomillo, retama, jara y romero asentados en la parte central del Parque, en las parameras calizas, y otro de bosque mixto en el que se conjuga este bosque mediterráneo con pinares de pino silvestre, laricio y resinero provenientes de replantaciones ejecutadas a principios del siglo XX en pleno auge de la actividad resinera.

4. La gran variedad de hábitat presentes en el Parque, junto con las extremadamente bajas densidades poblacionales, han permitido la existencia de una variedad importante de animales. Fauna autóctona de aves rapaces, mamíferos y todo tipo de pequeñas aves.
5. Demografía: zona muy condicionada por la ausencia de actualización de empleos que generen una economía de subsistencia, cuya consecuencia inmediata es la migración hacia capitales de provincia o pequeñas ciudades: Guadalajara, Sigüenza y Molina de Aragón. Por lo tanto nos encontramos con una densidad de población muy baja: 0,5 hab/km.[2]
6. Economía: La zona del Alto Tajo recoge una tradición ganadera existente mucho antes de la época musulmana. De hecho la ubicación de dos vías pecuarias y cercados de muros mampuestos delimitando los prados adosados a asentamientos celtíberos hace sospechar que el ganado bovino era la actividad prioritaria entre los pobladores, sin olvidar la actividad agrícola centrada en el cereal.

Contexto económico y social

La huella de la actividad desarrollada está diseminada por todo el Señorío, encontrando campos modificados por la mano del hombre, generando tierras de labor cuya siembra era, principalmente, la del cereal —condicionado por la climatología y las necesidades mínimas de las poblaciones— y vías que conectan los asentamientos rurales para el pastoreo y la trashumancia. Así surgen pequeñas construcciones que cumplen con la función propia de acopio de cereal y de refugio del ganado y del pastor: pajares y chozones o parideras sabineras. Los primeros se vinculan a núcleos rurales de población, ubicados relativamente cerca de los mismos (fig. 2).

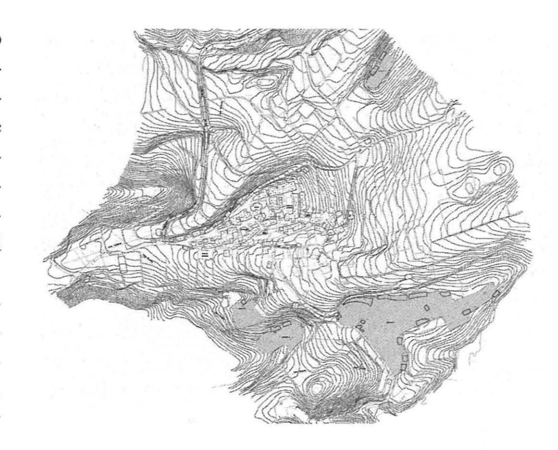


Figura 2
Planimetría del municipio de La Olmeda de Cobeta. Guadalajara. Ubicación de las eras

Según la tradición popular, su ubicación se remonta a la época árabe, quienes iniciaron su explotación y que, más tarde tomaron los Señores de Molina, los Lara, que las explotaron directamente.

Siglos más tarde, tal y como hemos visto en la historia del Señorío al que pertenece, los Mendoza de Molina obtuvieron sendos beneficios de dicha economía agraria, como sucede en el municipio de Olmeda de Cobeta y también en todas las pequeñas aldeas contiguas: Villar de Cobeta y Cobeta. La



Figura 3
Grupo de pajares. Villar de Cobeta. Guadalajara

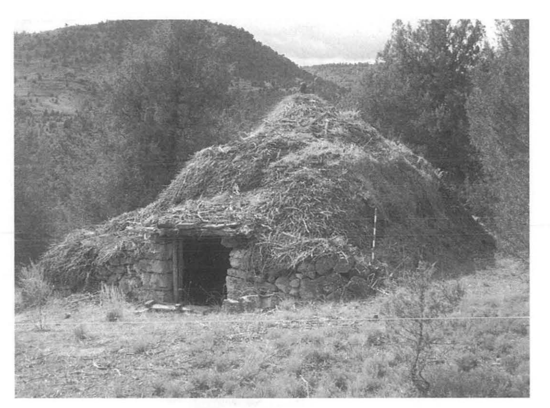


Figura 4
Chozón circular. Cuevas Labradas. Guadalajara

huella histórica de estos pajares se pierde hasta que en el siglo XVII, el Estado de la Ilustración las reconstruye totalmente como hizo con otras construcciones semejantes en la provincia: Imón, Cobeta y El Villar de Cobeta. Los restos que hoy apreciamos son, con mucha probabilidad de la época de Carlos III (fig. 3).

Los Chozones[2] más antiguos que encontramos son los de planta circular. No se sabe con certeza cual es su origen. Cabe la teoría de que los pastores reutilizasen las viviendas ancestrales de sus antepasados celtas (fig. 4).

Sabemos que ésta zona fue poblada por, al menos, un grupo celtíbero diferenciado alrededor del año 500 a.C.:[3] creando un asentamiento a modo de castro en la denominada Peña Moñúz (Municipio de Olmeda de Cobeta). ¿Qué nos hace suponer ésta hipótesis? Varios puntos significativos. Si tenemos en cuenta la evolución de las construcciones primitivas o preurbanas llevadas a cabo por Schoenaurer[4] observamos que siempre se parte de un método constructivo radial mediante una estructura flexible de materiales autóctonos con base o zócalo portante y método de cubrición de fácil ejecución y mantenimiento y con un grado de estanqueidad óptimo (figs. 5, 6, 7, 8 y 9).

Los pueblos celtíberos formaron parte de esta tradición constructiva circular. Comparativamente castros circulares gallegos poseen la misma tipología constructiva: grandes sillarejos[5] que conforman un muro perimetral que a su vez soportan una estructura de madera sobre la que se vierten ramas de sabina a modo de Barda[6] (fig. 10).

Otro dato más que nos lleva a sostener esta teoría es la ubicación de los chozones. De hecho es muy raro encontrar estas edificaciones aisladas, generalmente encontramos grupos de 3 a 8 chozones reunidos en una superficie aproximada de una media hectárea con espacio suficiente entre ellos como para que puedan moverse sus habitantes independientemente pero lo suficientemente cerca como para crear comunidad. Alrededor de estos asentamientos se desbrozaba el terreno para favore-

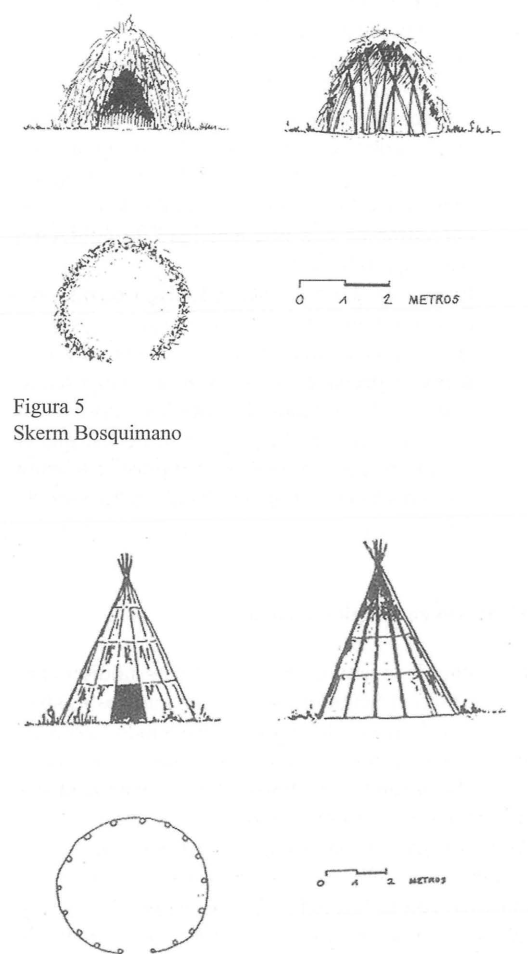


Figura 5
Skerm Bosquimano

Figura 6
Tienda Tungus

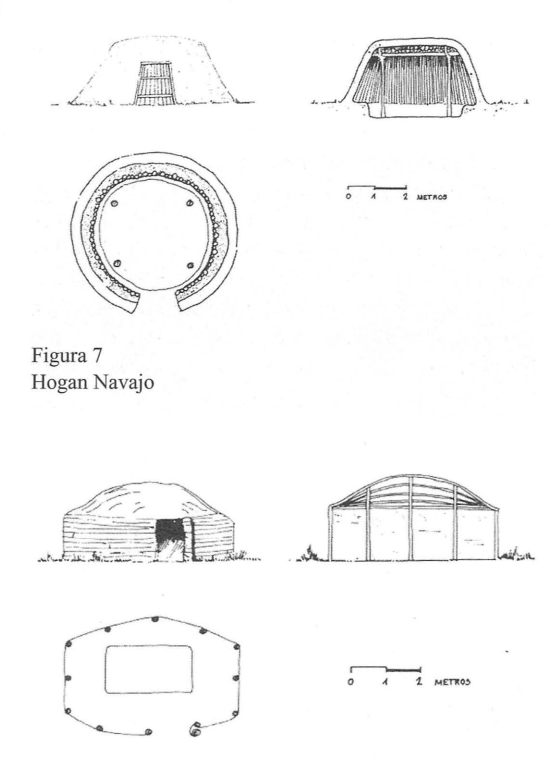


Figura 7
Hogan Navajo

Figura 8
Tienda Air Tuareg

cer el pasto del ganado y su recogida y posterior estancia.

Contexto etnológico

Estudiando y analizando los usos y costumbres de los actuales pobladores del Señorío, su memoria histórica nos habla de cómo se construía según las necesidades. Los pajares servían para almacenar la paja proveniente de las plantaciones de cereales, principalmente trigo y cebada. Mas tarde serían el alimento de ovejas y mulas e incluso eran las camas de muchas parideras de la zona y chozones.

El proceso ritual de la siembra y recogida era el siguiente. En primer lugar se realizaba una única siembra al año cuya cosecha se recogía en junio si era cebada y en julio si era trigo. El campo de labor había que prepararlo bien para evitar que los cardos ahogasen e impidiesen la buena crecida de la semilla. Por ello se «peinaban» las tierras con unos utensilios de madera especiales a modo de púas que les libraban de tal mal (fig. 11).

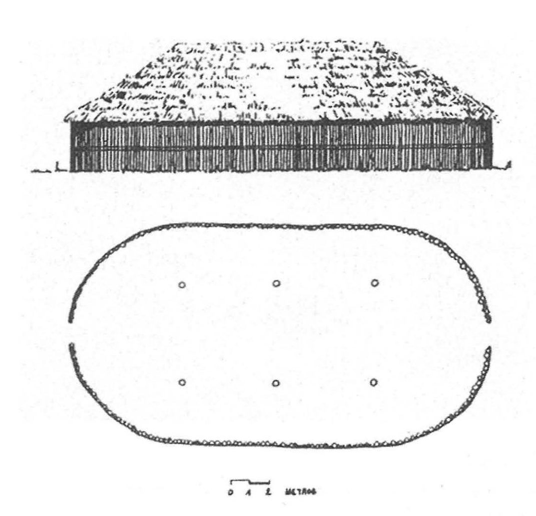


Figura 9
Maloca Erigbaagtsa



Figura 10
Casto de Baroña. La Coruña

Una vez realizada la siega y aprovechando las brisas suaves del verano, el agricultor ablentaba —echa-

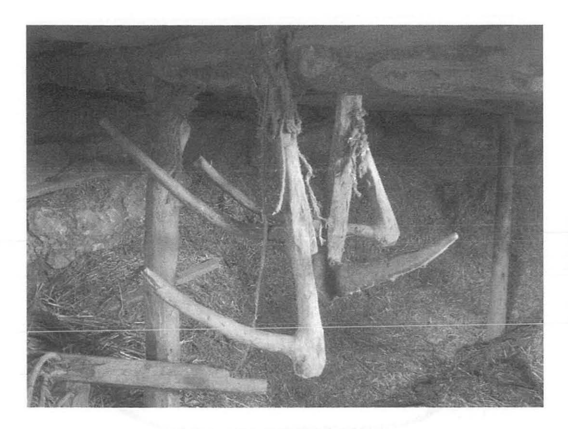


Figura 11
Utensilios para cortar la parva encontrados en pajar de la Olmeda de Cobeta, Guadalajara

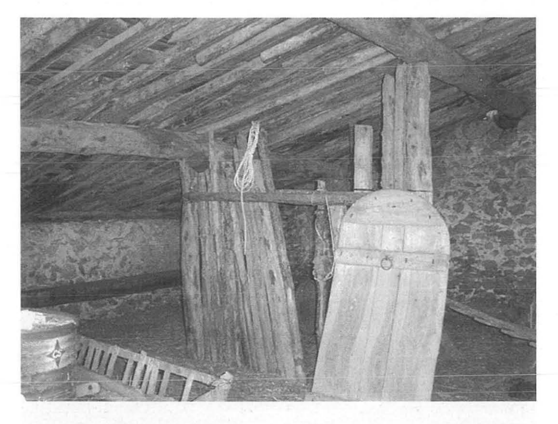


Figura 12
Trillos encontrados en pajar de la Olmeda de Cobeta, Guadalajara

ba al viento— las espigas haciendo posible la separación entre la paja y el grano. Es entonces cuando la mies se tendía en la era y se quebrantaba mediante un trillo para separar el grano de la paja.[7] Los trillos que aún se conservan son un tablón de madera con pedazos de pedernal encajadas en una de sus caras (fig. 12). Este era tirado por un par de mulas formando una yunta, realizando movimientos circulares en torno a la era y compaginando distintos sentidos de circulación para asegurarse el buen trabajo de separación y trillado.



Figura 13
Puerta baja de pajar

El ciclo de trillar la parva duraba aproximadamente unos veinte días y cada día se recogían unos 80 haces de trigo. Se afrailaba[8] la parva y se guardaba en grano en sacos y la paja iba directamente a los pajares cuya entrada directa se ubicaba a los pies de la era (fig. 13).

Era en la festividad de San Roque cuando se hacía la acción de Gracias y se daba por finalizado todo el trabajo. Todo el pueblo se reunía en torno a las eras y se celebraba con fogatas, bailes y cantos la buena cosecha del año.

La propiedad de los pajares era privada, sin embargo la de los chozones eran propiedad del municipio. Cuando había necesidad de una nueva edificación, el pueblo se reunía y solicitaba suelo para construir. El encargado de decidir el solar en el Monte Público era elegido por el pueblo de manera democrática y era él y solo él, el que estudiaba la mejor zona para levantar el Chozón, la mejor comunicada, o la que estaba rodea de pastos adecuados para el ganado. Una vez elegido el solar, los hombres del pueblo se reunían y levantaban la pequeña construcción en apenas una semana bajo la supervisión de un maestro que, de manera oral, transmitía las técnicas constructivas.

Contexto territorial

La ubicación de los pajares respecto al casco urbano no es casual. Independientemente de las propiedades heredadas según catastro, las eras eran espacios tratados y mimados tanto en sus límites verticales como

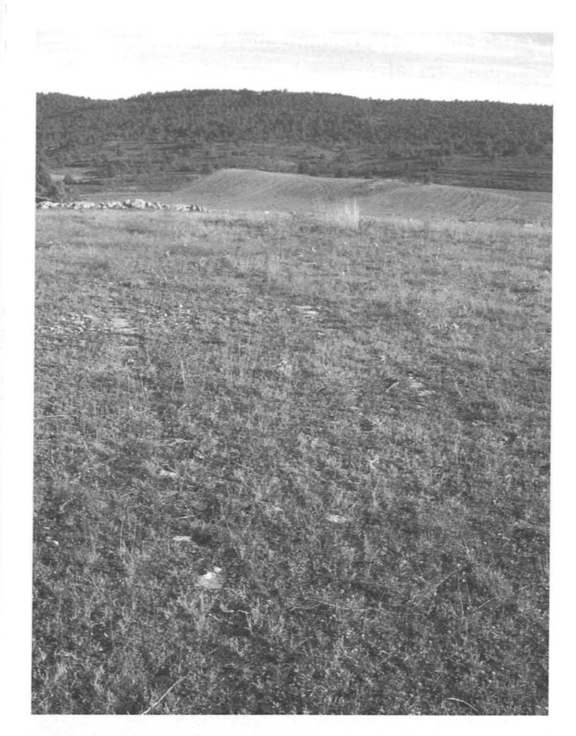


Figura 14
Era principal. Cobeta, Guadalajara

horizontales. Verticalmente están rodeadas de pequeños promontorios que permiten que el aire entre y cree corrientes controladas para poder aventar. De hecho, los propios pajares cierran y consolidan la era en uno de sus extremos. Horizontalmente porque las eras aprovechan espacios llanos que, manipulados por el hombre, acrecientan su carácter rudo mediante la introducción de cantos rodados que ayudan a trillar a las juntas (fig. 14).

La orientación de las eras era la más apropiada para el secado de la parva. Si tomamos como ejemplo el grupo de pajares del Municipio de La Olmeda de Cobeta, la era más importante se encuentra en el sureste del pueblo, donde en verano está protegida de la umbría. Por lo general, a pesar de que las eras busquen esta orientación, los pajares intentan enmarcarlas con su fachada principal al sur abriéndose camino entre la protección de las lluvias predominantes del noroeste y los vientos fuertes del norte.

Cada pajar tiene delante de él su era, espacio dimensionado para que la yunta pudiese maniobrar cómodamente. En el caso de que no hubiese espacio suficiente, la adhesión a la era contigua hacia posible este trabajo. Por consiguiente, podemos decir que la geometría predominante era aquella que conseguía mayor superficie para trillar, polígonos cuadrangulares irregulares, aunque el mayor condicionante era, por supuesto, la delimitación de la propiedad privada. Se intentaba explanar lo más posible el terreno. Por lo general no hay más de 3 metros de desnivel entre los puntos más alto y más bajo de una misma era. De hecho, se aprovechaba la pendiente longitudinal (del orden del 4%) como superficie casi llana de la era. Las edificaciones se construían a favor de la pendiente mínima.

Es interesante estudiar los accesos a estas eras. Suele existir un único camino de llegada que se bifurca absorbiendo la pendiente transversal del terreno. Una parte lleva a la era y el otro a la parte más baja del conjunto de pajares como camino de salida y distribución de la mies. Estos caminos concurrentes no están tratados. Es la propia tierra la que nos habla de la huella del paso de los carros con sus haces de paja.Las eras quedan delimitadas por unos muretes de piedra caliza colocadas a hueso, es decir, sin ningún tipo de mortero de unión. Estas piedras provienen de la cantera de la zona, a 3 km de Olmeda. En algunos casos son las mismas que los agricultores retiran tras desbrozar el campo para proceder a la siembra.La altura varía en función del desnivel entre una era y otra. Éste no supera en ningún caso el metro y medio. Por lo tanto cumplen una doble labor: cerramiento y contención de tierras. A su vez, la división vertical de las eras no siempre está relacionada con la delimitación de la propiedad privada, ya que, si la era de un propietario no es lo suficientemente amplia para que la yunta pueda maniobrar sin dificultad, el cerramiento desaparece para absorber a la era contigua. Cabe destacar el cerramiento de algunos de los grupos de pajares que, además de estar cercado por el murete, afianza su límite mediante unos postes de madera de sabina torpemente tratados y enjaretados entre sí con mimbre trenzado. Vestigios de los huecos para enhebrar las sogas son los que nos dicen cómo se trabajaba esta técnica (fig. 15).

En el caso de los chozones, buscaban las condiciones idóneas habitacionales. Páramos orientados hacia el sur y zonas de vientos suaves a favor (muros ciegos orientados a norte para protegerse de los vientos

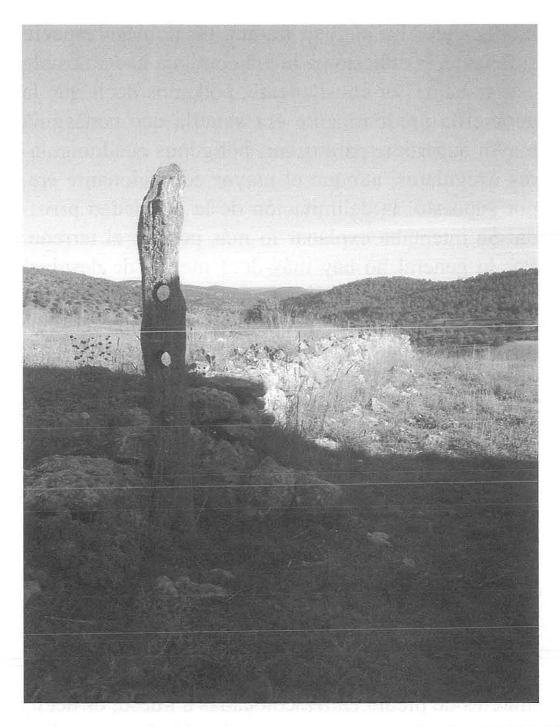


Figura 15
Cerramiento de era. Villar de Cobeta. Guadalajara

fuertes de ésta dirección) eran condiciones inequívocas para los asentamientos. Qué duda cabe, que las vías de comunicación interrelacionaban los poblados tanto para personas como para el ganado consiguiendo aún hoy en día, que permanezcan con poca pendiente y bien explanada.

Así pues, tenemos ocho municipios del Señorío de Molina, dentro del Parque Natural y su zona periférica de Protección que recogen estas edificaciones: Ablanque, Cobeta, Cuevas Labradas, Escalera, La Riba de Saelices, Olmeda de Cobeta, Villar de Cobeta, Valhermoso.

Exigencias constructivas

1. Los pajares: La tipología constructiva es siempre la misma con ciertas variaciones. Se trata de pequeños habitáculos cuyo uso principal era el propio de una agricultura de cereal. Desde guardar los haces de paja después del aventamiento y la trillada y a su vez, proteger el material para tales fines: trillos, aventadoras, bandejas, hoces, etc. Pero también hay dos de ellos cuyo fin era el de albergar a las bestias que trabajaban en la era (fig. 16).

Son espacios condicionados por el desnivel del terreno existente entre la cota de la era y la cota 3 o 4 metros inferiores. Pendiente que aprovechaban para que la paja cayese por gravedad y pudiese ser sacada por pequeñas puertas en la parte posterior del pajar para su posterior distribución por los caminos (fig. 17).

La necesidad se traducía en espacios arquitectónicos. Si nos atenemos a una clasificación según usos tenemos dos tipos de pajares constructivamente distintos:

- Uso de almacenaje, ya sea de paja o de maquinaria: Si el pajar guarda exclusivamente haces de mies el espacio será único sin divisiones horizontales.



Figura 16
Pesebres en el interior de pajar. La Olmeda de Cobeta. Guadalajara



Figura 17
Pajar longitudinal. Cobeta. Guadalajara

– Uso de cuadra: se traduce en un gran habitáculo dividido exclusivamente por los pesebres y un muro central conformado por troncos de madera sin tratar arriostrados entre sí. Este muro separa el ganado bovino de las mulas.

Los materiales empleados son los que la comarca proporciona: madera de sabina, pino y sabina, piñas, mimbre, sarga,[9] piedra caliza, arcilla.[10]

Cada elemento constructivo se materializa de distinta manera.El muro de cerramiento a su vez sirve de estructura portante. Por ello se ejecuta con piedras de mampuesto unidas, según el caso, con mortero de cal o a hueso, es decir, sin ningún tipo de argamasa. El espesor es variable. Por regla general, no menos de 40 cm. Esto es debido a una doble hoja de piedra: una interior y otra más ancha al exterior, rellenando el hueco con cascotes y piedras de menor tamaño (fig. 18).

Si el ancho del pajar es superior a 5 metros, se introduce una subestructura de pórticos de madera de sabina o de pino. Los soportes son unos rollizos sin ningún tipo de tratamiento que soportan las cargas de las vigas de madera. El encuentro entre ambos es muy tosco. Sencillamente se aprovechan los nudos y ramas del pilar para sustentar (fig. 19).

A su vez las vigas apoyan directamente sobre los muros perimetrales de carga.

Hay dos tipos de divisiones interiores. Por una parte, tenemos una única división vertical de los pajares, siempre que éstos tengan unas dimensiones



Figura 18
Detalle de muro de pajar. La Olmeda de Cobeta. Guadalajara

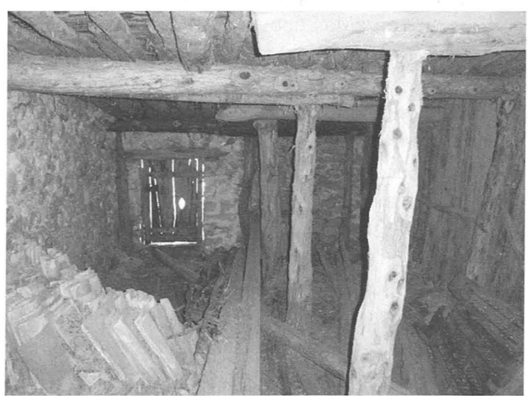


Figura 19
Detalle del encuentro de la estructura. Cobeta. Guadalajara



Figura 20
Detalle tabiquería de mimbre. La Olmeda de Cobeta. Guadalajara

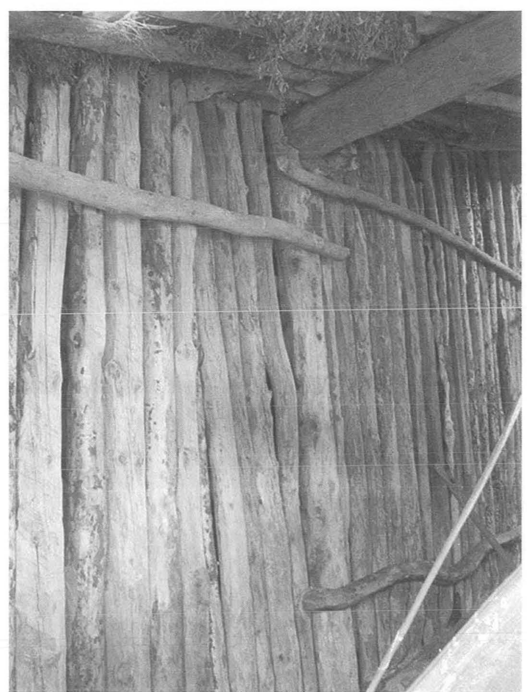


Figura 21
Detalle tabiquería de rollizos. La Olmeda de Cobeta. Guadalajara

considerables como para repartir su espacio en dos pequeños habitáculos de almacén. Esta circunstancia se produce cuando hay una segregación de la propiedad o cuando sencillamente, se quiere separar dos tipos de pajas para dos tipos de uso distinto: el de alimento para el ganado bovino y otro para formar camas parideras para el ganado.

Encontramos dos soluciones constructivas distintas que responden a este mismo uso. La primera de ellas se materializa creando un tabique de pies derechos separados entre si aproximadamente 1,20 metros que sostienen una malla continua de mimbre trenzado o de sarga proveniente de la orilla de los ríos cercanos (fig. 20). La segunda sustituye el entramado por una solución mucho más rápida de ejecución. Hinca en el terreno unos rollizos continuos arriostrándolos exclusivamente en la cabeza y en los pies. Esta solución se adopta cuando el espacio tiene doble uso: el de almacén y el de cuadra. Por otra parte, al ser una solución menos técnica que la anterior es la que más se ha utilizado en los pajares de «reciente» creación (fig. 21). Por otra parte, una división horizontal mediante un forjado. Esta división nunca ocupa la superficie total en planta del pajar y siempre se encuentra a la cota de entrada por la era. Su desarrollo vendrá condicionado por el uso (fig. 22).

Si es necesario guardar las máquinas (principalmente aventadoras) protegerlas de la intemperie, el forjado tendrá las dimensiones mínimas necesarias para tal tarea. Si la pendiente del terreno lo permite, se crea un espacio bajo el forjado de almacenaje con su consiguiente estructura porticada de madera. Sin embargo, esta singularidad se produce muy pocas veces. Por lo general, se construye un muro de contención de piedra caliza de medio metro que salva la diferencia de altura. El pequeño forjado apoya directamente sobre el terreno contenido por este muro y se sirve de una cama de pizorras,[11] piñas y corteza para evitar las humedades. En ambos casos la solución constructiva del forjado se realiza de la misma mane-

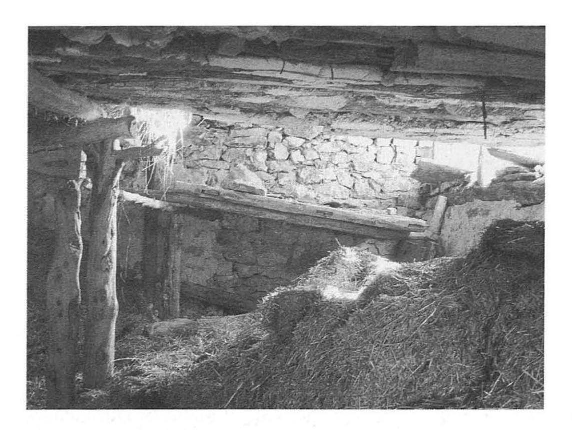


Figura 22
Interior de pajar. Cobeta. Guadalajara

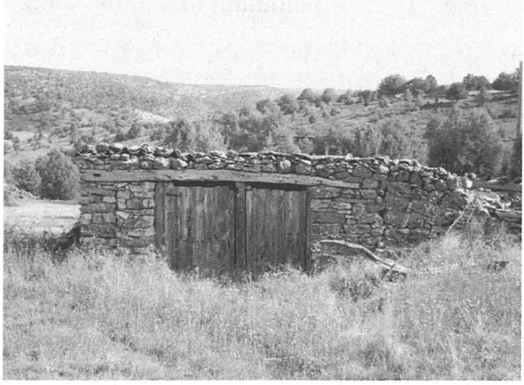


Figura 24
Entrada principal pajar. Huertahernando. Guadalajara

ra. Sobre el elemento portante se colocan uno ripios de madera de sabina sin tratar con una separación de 50 cm que sostienen unos tablones longitudinales de madera. El trasdós del forjado va recibido con un mortero pobre de yeso. No todos los pajares tienen la posibilidad de albergar maquinaria. La mayor parte tiene una pendiente única de caída según el terreno. Como dato curioso encontramos un pajar que, sin tener forjado, tiene una escalera de acceso interior que salva el desnivel entre la cota de la era y el de salida. La cubierta es inclinada a una única agua siempre a favor de la pendiente. No crea ningún alero ni cumbrera (fig. 23).



Figura 23
Grupo de pajares. La Riba de Saelices. Guadalajara

El tablero de cubrición se construye mediante vigas de madera sin tratar sobre las que apoyan tablas ripias directamente. Sobre éstas se crea una cámara aislante de mimbre y ramas de boj con corteza aplicando por último teja curva proveniente de los hornos de la zona.

Todo pajar tiene, al menos, dos accesos. Uno principal y otro secundario. O lo que es lo mismo, uno de entrada y otro de salida. El de entrada se encuentra en la fachada principal y es por donde se introduce la paja después de aventarla y también por donde se guarda la maquinaria (fig. 24). La salida está confrontada con el hueco de entrada en la fachada posterior. El hueco del muro lo salva un cardero de madera de sabina. Las puertas son de tablones de madera enjarjada recibidas por cercos –si existen- también de madera (fig. 25). El acceso principal en ambos se realiza mediante una entrada que puede ser sencilla o doble en función de división interior de la propiedad. Sin embargo, la salida no es igual en todas las construcciones. La direccionalidad que mantienen los pajares centrales no se mantienen en los de esquina. Estos aprovechan esta condición para abrir una puerta en el muro lateral. De esta manera sacan el mayor provecho posible al espacio de almacenamiento.

Las dimensiones de los huecos vienen condicionadas por el uso. Si la entrada es únicamente para la paja, no se necesitará más de 1,75 m de alto por 0,90 m de ancho.Si por el contrario, se mete la maquinaria, estas medidas varían considerablemente. Se alcanza hasta 2,30 m de altura por 2,60 m de anchu-

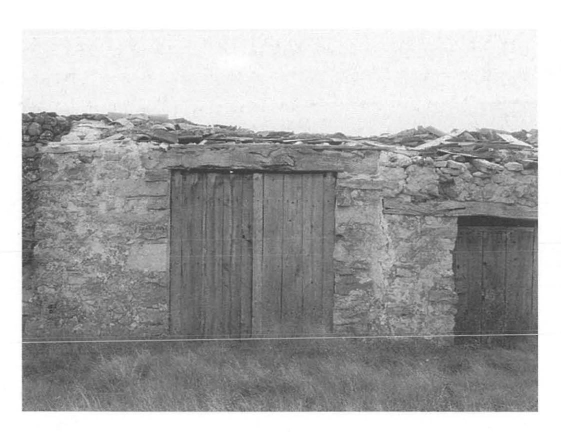


Figura 25
Detalle entrada. Huertahernando. Guadalajara



Figura 27
Pilar central en posición de vida. Ablanque. Guadalajara

ra. El hueco de salida para sacar la paja no siempre es una puerta. Por regla general es un pequeño vano que además mide la cantidad de paja que se quiere sacar para su distribución posterior.

2. Los Chozones o parideras sabineras. Esta segunda tipología vernácula utilizaba los principios básicos de la construcción: muros portantes que absorbían los esfuerzos de la cubierta cuyo espesor dependía de la altura de la cumbrera. Pero como esta altura debía permanecer estable, se precisaba de un elemento estructural auxiliar a modo de pilar o pie derecho en el centro del espacio interior de modo que radialmente llegasen a él los cabrios o cabios de cubierta enjarjados a hueso (fig. 26).

El tamaño del pilar central varia según los casos, pero un aspecto común a todos lo ejemplos estudiados es que los pilares centrales de los chozones circulares son sabinas de gran porte que permanecen en posición de vida, es decir, al encontrar un ejemplar magnífico se construyó alrededor de él el muro. Poco a poco se le iba podando, descorchando y cortando sus raíces superficiales para ir calzándolo con piedras calizas del entorno. De esta manera conseguían ir poco a poco *domesticando* al árbol y hacerle cumplir con la función estructural encomendada. El diámetro de las sabinas estudiadas oscila entre 80 y 165 cm. Otra pista más para saber la edad de los chozones[12] (fig. 27).



Figura 26
Interior de Chozón. Valhermoso. Guadalajara

A medida que iban aumentando el número de cabezas de ganado por pastor, el espacio precisado era mayor. Es el momento en el que surgen unas estructuras auxiliares porticadas circulares en derredor del pilar central. Se constituía con troncos de sabina de menor tamaño —& 20 a 40 cm— en posición vertical aplomada y evitando siempre el contacto directo con el terreno y así anular el ascenso de humedades de capilaridad. Se apoyaban sobre una losa de piedra caliza (fig. 28)

El problema de esta solución estriba en la ausencia de rozamiento en el punto de contacto, lo que haría que la componente horizontal del esfuerzo que transmite la estructura de cubierta volcase el pilar. Sin embargo, la utilización de vigas intermedias y el espesor del muro hacen que se absorba la totalidad del esfuerzo horizontal (fig. 29).

Colaborando con la estructura porticada y además sirviendo de cerramiento tenemos los muros perimetrales realizados con mampuestos de piedra caliza colocados a hueso, es decir, sin ningún tipo de mortero de unión entre sus piezas.



Figura 28
Losa de asiento de pilar. La Olmeda de Cobeta. Guadalajara

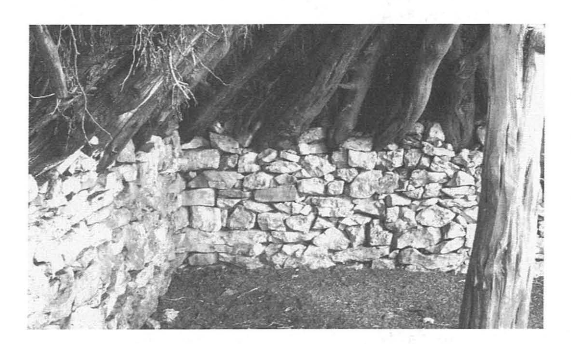


Figura 29
Aparejo de muro mampueso al interior del chozón. Olmeda de Cobeta. Guadalajara

Los chozones más antiguos presentan unas piedras de gran tamaño, llegando hasta los 110 ˘ 70 cm, situadas en las jambas del muro hastial de entrada. Los pequeños huecos se rellenaban con ripios. Como hemos indicado anteriormente, la dimensión de los muros dependía de la altura y la pendiente de la estructura de cubierta. Así pues encontramos un tamaño medio de 120 cm de espesor de muro con altura media de 100 cm, compuesto por dos hojas de unos 50 cm cada una y relleno con ripios y sillarejos de menor tamaño. Sólo en casos excepcionales se construía un tercer muro en los espacios recrecidos o de mayor pendiente[13] para evitar posibles desplazamientos de la edificación (fig. 30).

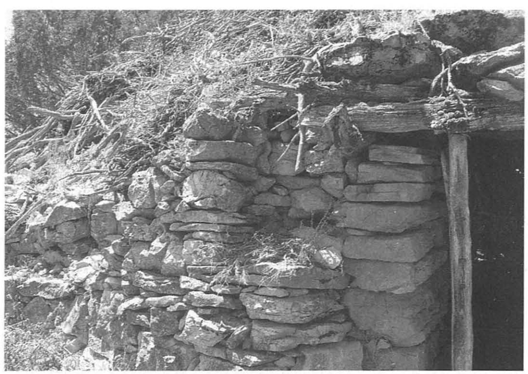


Figura 30
Aparejo de muro exterior. Detalle de jambas. Villar de Cobeta. Guadalajara

El tercer elemento constructivo que entra en juego es la cubierta, que aún siendo el más débil y más expuesto a las posibles patologías, es el que le dota de una singularidad sin par. Se lograba cubrir todo el espacio mediante una serie de cabrios radiales que apoyaban en el muro y en la estructura intermedia. Se intentaba que la separación entre ellos fuese la menor posible para hacer un entramado muy tupido y así conseguir una mejor estanqueidad. El material de cobertura era la barda proveniente de la *sabina algar.*[14] Alrededor del chozón podemos observar que las sabinas han sido utilizadas para bardar la cubierta e incluso para su mantenimiento, que se producía una vez al año, en la época seca, donde toda la comunidad se reunía y rebardaban el chozón[15] (fig. 31).

Por último cabe destacar la carpintería de estas pequeñas construcciones. El material con el que se construyeron fue también madera de sabina. Algunas de ellas constan de una única hoja batiente con biela y rodapié de madera, mientras otras tienen dos hojas, una móvil y otra fija y rodapié construidas también en madera de sabina (fig. 32).

Comentarios y conclusiones finales

Con todo este trabajo se ha querido mostrar la riqueza constructiva inmersa en una zona hoy, prácti-

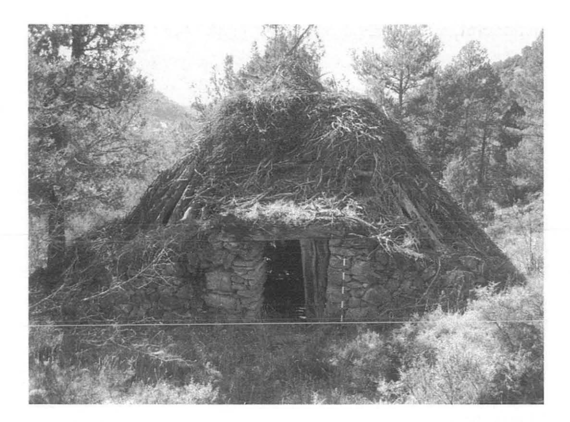


Figura 31
Chozón. Cuevas Labradas. Guadalajara

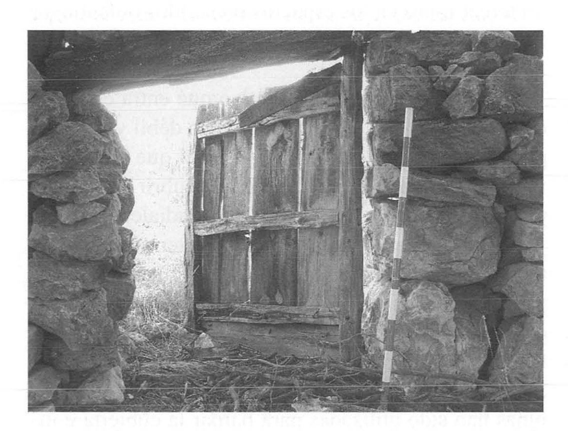


Figura 32
Detalle puerta. Ablanque. Guadalajara

camente abandonada, en la que los materiales utilizados son aquellos que más fácilmente podían conseguir: madera de sabina y piedra caliza. Con sólo estos dos materiales, y manipulados sabiamente por la mano del hombre, se han creado espacios de gran valor arquitectónico en el que la sencillez no está reñida con la belleza. Ha sido imprescindible la labor de recopilación de datos físicos pero no menos importante la de recoger los testimonios de los pocos habitantes, entre ellos los pastores que aún habitan los pueblos de Cobeta, Ablanque y Buenafuente del Sistal. Esperamos que este sea solo el comienzo en la apertura de vías de investigación sobre los orígenes de la arquitectura popular y vernácula de zonas tan castigadas como la del Alto Tajo y que aprendamos los principios básicos de la arquitectura en ejemplos con tanta historia y tan sabios.

NOTAS

1. Sexmas. Así como la Villa se dividía en barrios o colaciones, la Tierra venía divida en sexmas y a veces también en colaciones.
2. «Cabaña formada de estacas y cubierta de ramas o paja, en la cual se recogen los pastores y gente del campo». *Diccionario de la Lengua Española.* Madrid: Real Academia Española, 1992.
3. Hacia el año 450 a.C. los celtas penetraron en la península Ibérica y se instalaron en los valles del Anas (Guadiana), del Tajo y del Ebro, donde se unieron a las razas indígenas para formar un grupo de lenguaje mixto, los celtíberos. *Historia de la Humanidad.* Barcelona: UNESCO, 1985.
4. Estudio recogido por Luis Maldonado Ramos y Fernando Vela Cossío en su libro *De Arquitectura y Arqueología.* Madrid: Munilla Lería, 1998.
5. El gran tamaño de los sillarejos utilizado en los muros perimetrales hacen dudar del uso exclusivo ganadero, de ahí que induzca nuevamente a pensar, a que el esfuerzo realizado para aparejar el muro con este porte de piedra sea para un uso habitacional.
6. «Cubierta de sarmientos, paja, espinos o broza, que se pone, asegurada con tierra o piedras, sobre las tapias de los corrales, huertas y heredades, para su resguardo». *Diccionario de la Lengua Española.* Madrid: Real Academia Española, 1992.
7. A este trabajo de tender la mies en la era para trillarla o después de trillada, antes de separar el grano se le llama comúnmente «parva».
8. Amontonarla después de trillada para aventarla cuando hubiese viento a propósito.
9. Ramas de sauce peladas y raspadas para su posterior trenzado.
10. Proveniente de las tierras a medio camino entre Olmeda de Cobeta y su pedanía Buenafuente del Sistal.
11. Pequeñas lajas de pizarra irregulares.
12. La sabina es un árbol de crecimiento muy lento. La densidad de los anillos circulares que se pueden observar en el corte del tronco es muy alta, aproximadamente 20 por centímetro (un anillo por año de vida) por lo tanto estamos hablando de sabinas con cerca de 1.600 años.
13. A modo de contrafuerte.

14. Especie autóctona de madera noble y aromática que crece en forma de arbusto. Para conseguir que se convierta en árbol es preciso efectuar un podado constante en la parte baja.
15. Según la tradición oral de los pastores de Ablanque.

Lista de referencias

Abercrombie, T. J. 1963. *Builds in Gil.* Venezuela: National Geographic.

Atkinson, R. 1961. «Neolithic engineering». En *Antiquity* 10 (36–70).

Audouze, F. el al. 1981. «Le site magdaleénien du Buisson Campin a Verberie (Oise)». En *Gallia Prehistoire* 24 (99–143).

Banesz, L. 1968. *Barca bei Kosice.* Bratislava.

Bello Diéguez, J. M. et al. 1983. «Megalitismo y medio físico en el Noroeste de la Península Ibérica: estado de la cuestión y perspectivas». En *Zephyrus* 34–35 (109–118).

Binford, L. R. 1972. «The archaeology of place». En *Journal 01 Anthropological Archaeology* 1 (5–31).

Binford, L. R. 1978. *Nunamiut ethnoarchaeology.* Nueva York.

Binford, L. R. 1983. *In pursuit olthe pasto* Londres.

Binford, L. R. 1988. *En busca del pasado.* Barcelona.

Boas, F. 1964. *The Central Eskimo.*

Clarck, J. D. G. 1972. *Star Carr: a case study in bioarchaeology.* Cambridge.

Coon, C. S. 1971. *The Hunting Peoples.* Boston.

Corchón, S. 1982. *Estructuras de combustión en el Paleolítico: a propósito de un hogar de doble cubeta en la cueva de Las Caldas (Oviedo),* Zephyrus XXXIV-XXXV (27-46).

Cornoldi, A. 1982. *Habitat y energía.* Barcelona.

Criado Boado, F. 1986. *La construcción del paisaje: megalitismo y ecología en la Sierra de Brabanza (Galicia).* Santiago de Compostela.

Faegre, T. 1979. *Tents, Architecture 01 the Nomads.* Nueva York.

Fagan, D. M. 1977. *People 01 the Earth.* Boston.

Flores, C. 1973. *Arquitectura popular española.* Madrid. 5 vol.

Flores, C. 1979. *La España popular: raices de una arquitectura vernácula.* Madrid.

Guidoni, E. 1977. *Arquitectura primitiva.* Madrid.

Jeanneret, Ch. E. Le Corbusier. 1926. *Vers une architecture.* París.

Llanos, A. 1974. «Urbanismo y arquitectura en poblados alaveses de la Edad del Hierro». En *Estudios de Arqueología Alavesa* 6 (101–146).

Lloyd, S. 1989. *Arquitectura de los orígenes.* Madrid.

Martínez Feduchi, L. 1984. *Itinerarios de arquitectura popular española.* Madrid. 5 vol.

Oliver, P. 1971. *Shelter in Africa.* Nueva York.

Oliver, P. 1977. *Shelter, sign and symbol.* Nueva York.

Potts, R. 1982. *Lower Pleistocene Site Formation and Hominid Activities at Olduvai Gorge, Tanzania.* Mass.: Harvard University.

Rapoport, A. 1969. *House form and culture.* Nueva Jersey.

Rapoport, A. 1978. *Aspectos humanos de la forma urbana. Hacia una confrontación de las ciencias sociales con el diseño de la forma urbana.* Barcelona.

Redman, Ch. 1990. *Los orígenes de la civilización.* Barcelona.

Rus, I. y G. Vega. 1984. «El yacimiento de Arriaga II: problemas de una definición actual de los suelos de ocupación». En *I Jornadas de metodología de investigación prehistórica.* Soria.

Rykwert, J. 1974. *La casa de Adán en el Paraíso.* Barcelona.

Sabater Pi, J. 1985. *Etología de la vivienda humana. De los nidos de gorilas y chimpancés a la vivienda humana.* Barcelona.

Santonja, M. y M.A. Querol 1978. *Problemática del estudio de los yacimientos paleolíticos de la Meseta española en relación con sus características estratigráficas.* B.A.AA. 10 (5cI2).

Schoenauer, N. 1965. *The Inuit Igloo.* Asterics 3. Montreal: Student Publications of the School of Architecture McGill University.

Schoenauer, N. 1981. *6.000 años de hábitat.* Barcelona.

Steadman, P. 1982. *Arquitectura y naturaleza. Las analogías biológicas en el diseño.* Madrid.

Taylor, J.S. 1983. *Arquitectura anónima.* Barcelona.

Vela Cossío, F. 1995. «Para una prehistoria de la vivienda». En *Complutum* 6 (257–276). Madrid.

Viollet-Le-Duc, E. E. 1875. *Histoire de l'habitation humaine.* París.

Wood, J. G. 1875. *Homes without hands, being á description of the habitation of animals, classed according to their principles of construction.* Londres.

Influencia de la cimentación en el comportamiento estructural del claustro de la Seu Vella de Lleida

Irene Isabel Oliver Montell

La presente ponencia aporta las conclusiones sobre lo indicado en el título, teniendo como base las investigaciones encargadas por la Generalitat de Catalunya.

El citado claustro consta de dieciséis crujías de diferente dimensión, cubiertas por bóvedas de crucería apoyadas en contrafuertes, algunos de ellos fuertemente desplomados. La realización de estudios multidisciplinarios proporcionó un conocimiento constructivo-estructural del claustro, que sirvió para determinar las causas de sus patologías. El estudio mediante estática gráfica, siguiendo las doctrinas de Heyman,[1] fue concluyente: se comprobó que la posición de la resultante de los empujes no justificaba la gran sección de los contrafuertes y, por lo tanto, tampoco explicaba su desplome tan considerable. La razón del mismo se pudo averiguar gracias a las investigaciones sobre la configuración constructiva de la cimentación (mezcla de una fábrica gótica y otra más antigua) y sobre la estructura y capacidad resistente del terreno. Se pudo concluir que la causa del desplome mencionado es únicamente la falta de reacción suficientemente homogénea del conjunto formado por la cimentación mencionada y el terreno sobre el que descansa.

Figura 1
Planta general de la Seu Vella de Lleida, en la que se señala el contrafuerte objeto de este estudio

Comportamiento estructural del claustro de la Seu Vella de Lleida

Descripción básica

La planta del claustro es trapezoidal y está compuesta por dieciséis tramos de bóvedas de crucería, que presentan grandes diferencias dimensionales entre ellos, debido, según la opinión general de los historiadores, a la necesidad de adaptarse, tanto constructiva como compositivamente, a las edificaciones existentes, que eran en el lado septentrional, Santa Maria la Antigua y en el occidental, la iglesia de la Seu propiamente dicha (fig. 1).

Los contrafuertes del lado interior del patio son muy diferentes entre sí, cosa que se justifica recurrentemente en los diversos estudios históricos. Precisamente en el presente trabajo se ponen en cuestión algunas de las afirmaciones que en aquellos se hacen. El aspecto actual del claustro acusa las sucesivas intervenciones que en él se han llevado a cabo en el curso de los tiempos, algunas de las cuales llegan a enmascarar la percepción de las posibles lesiones que le afectan y, sobre todo, la correcta interpretación de su evolución que, posiblemente, daría la clave de su origen.

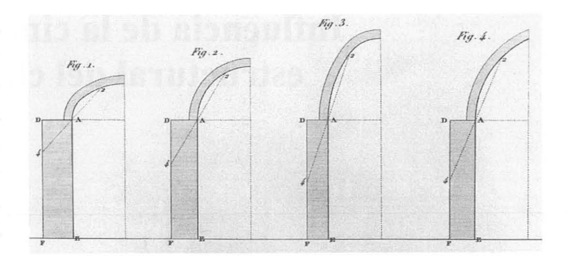


Figura 3
Expresión gráfica de la *regla del tercio* según el tratado de Jean Rondelet

Primera aproximación

Los diversos estudios históricos realizados sobre el monumento coinciden en señalar las dimensiones poco usuales, al compararlas con las de otros edificios del período gótico. Se suelen destacar como insólitas las grandes dimensiones de los contrafuertes y se atribuyen a la necesidad de contrarrestar el empuje provinente de las bóvedas (fig. 2).

No carece de lógica tal atribución, dadas las grandes dimensiones de las bóvedas y, sobre todo, la substancial diferencia entre bóvedas contiguas que descargan sobre las pilastras a las que se hallan adosados los contrafuertes. Por lo tanto, la primera aproximación de nuestro equipo investigador fue aplicar a éstos la regla medieval llamada *regla del tercio*, que los constructores de la época utilizaban para verificar la suficiencia de las dimensiones de los elementos verticales en relación a las dimensiones de las bóvedas que reciben. Aunque basada exclusivamente en proporciones geométricas, esta regla medieval está reconocida por todos los investigadores actuales; véase la (fig. 3) en la que que se representa la mencionada regla según el tratado de Rondelet del siglo XIX.

Puesto que la controversia sobre las grandes dimensiones la centran los historiadores sobre el que llamamos «contrafuerte 2–3», aplicamos sobre él la *regla del tercio* (fig. 4) y podemos comprobar cómo dicho contrafuerte la cumple. No se trata de una demostración concluyente, pero sí supone un dato de partida digno de ser tomado en cuenta.

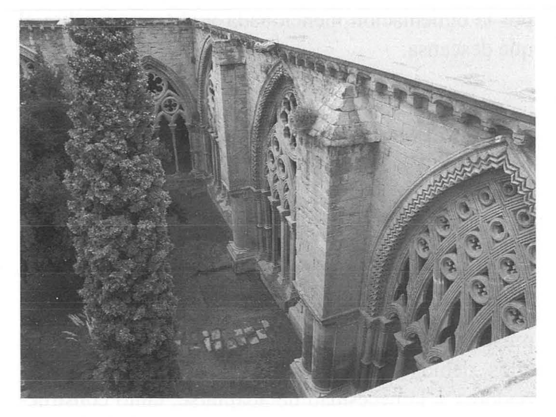


Figura 2
Imagen, en segundo plano del contrafuerte 2–3 objeto del presente estudio. En primer plano el contrafuerte 3–4 con doble apilastramiento

ANÁLISIS DOCUMENTAL

Informe estructural

El único documento de los que disponía inicialmente el equipo investigador en el que se hicieran consideraciones sobre el comportamiento estructural del monumento, era uno citado en el Plan Director de 1993. En la pagina 155 del mismo y en su punto 3, se dice que «se ha registrado una clara falta de equilibrio de un contrafuerte de la bóveda del claustro (el ala que forma fachada junto con la iglesia)». Se refiere al contrafuerte 2–3. Más adelante, en la página 157, se hace una propuesta de un gran calado: «atirantar la bóveda que "no está bien compensada"».

Es interesante destacar que esta creencia en el empuje descompensado que causa el desequilibrio del

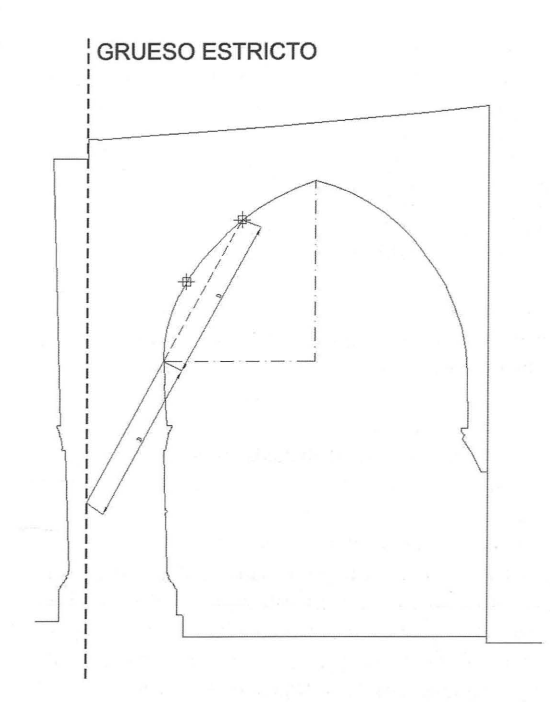


Figura 4
La *regla del tercio* aplicada al contrafuerte 2–3. En la que se demuestra que las dimensiones del contrafuerte son suficientes. El mayor espesor de los restantes contrafuertes no estaria justificado

contrafuerte y explica sus grandes dimensiones, persiste en otros documentos y se cita de manera recurrente, sin más demostración.

Informe histórico

Esta creencia persiste y se reafirma en un informe histórico s.f. en el que, al referirse al proceso seguido en la construcción del claustro, se afirma:

> En este proceso se reforzaron los pilares contrafuertes del patio; el primero del lado oriental [el 2–3, para nosotros] presenta una semicolumna adosada mientras que el segundo [el 3–4] tiene dos, ya que se dieron cuenta de que aquel no era suficientemente firme para garantizar la estabilidad de las bóvedas de la crujía, los desplomes más que evidentes de este sector confirman este «pentimento».

Más adelante se dice:

> Se substituyeron los pilares contrafuertes resueltos con semicolumnas adosadas por otros más gruesos y de perfil completamente poligonal con excepción de las esquinas donde se mantuvo aquel esquema. Esta vez la actuación sí fue plenamente satisfactoria, dado que no se observan los desplomes ni los desplazamientos laterales de los sectores más antiguos.

Tanto de uno como de otro informe se parte del hecho de la falta de estabilidad del pilar 2–3, lo que requirió mayor espesor del contrafuerte, cosa que se hizo extensiva al resto de pilares del claustro. Sin embargo, en ambos documentos el hecho resulta totalmente indemostrado.

Inspección general del conjunto

Las 16 bóvedas de crucería de la galería presentan un buen estado de conservación, sin que se pueda observar la existencia de fisuras relevantes. Hay que exceptuar la que afecta a las dos mitades de las bóvedas 2 y 3, contiguas al contrafuerte 2–3 y las que afectan a la bóveda 5, en la intersección de las galerías Esta y Sur. En cuanto a los contrafuertes, los dos del ala Este, es decir el 2–3 y el 3–4, pero especialmente el primero, están afectados de desplomes evidentes.

Las fotos de la figura 5 muestran el arco toral que descarga sobre la pilastra 2–3, así como las plemen-

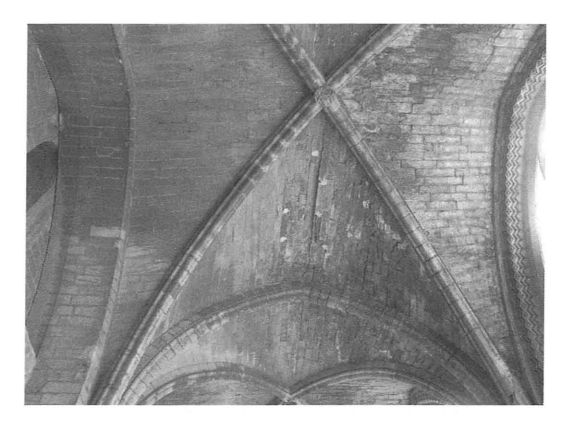


Figura 5
Arco toral que descarga sobre el contrafuerte 2–3. Las juntas abiertas pueden ser el indicio del empuje sobre el contrafuerte 2–3

terías de los dos cuartos de bóveda asociadas; el conjunto de alteraciones que se concretan en juntas abiertas, es coherente con el desplome de la pilastra 2–3; hay que subrayar, además, que la grieta situada en el cuarto de la bóveda 2, no sólo presenta una gran abertura, sino que muestra el descenso de uno de los labios con respecto al otro, lo que indicaría un desplazamiento notable.

Estas observaciones parecerían confirmar los asertos que hemos venido citando relativos al desplome del contrafuerte 2–3 que nos ocupa.

PRIMERA FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS CAUSALES

Constatando la evidencia del desplome del contrafuerte 2–3, así como el descenso diferencial del arco toral contiguo, pero retomando el resultado negativo de la comprobación según la *regla del tercio* antes efectuada, no parece que el empuje de las bóvedas sea la causa directa del evidente desplome, con lo que no queda más remedio que proponer alguna nueva hipótesis. Podría ocurrir que el contrafuerte se hubiese asentado diferencialmente a causa de algún fallo en su cimentación, por sus escasas dimensiones, o a causa de algún fallo en el terreno de asiento de la misma. La nueva hipótesis que se propuso se basó en prospecciones que hubo que llevar a cabo en el plano de cimentación del contrafuerte 2–3.

ORGANIZACIÓN CONSECUENTE DE LA INVESTIGACIÓN

A partir de este momento la investigación se centró en las acciones siguientes:

1. Obtención de los datos relativos a intervenciones recientes en el claustro y evolución histórica de las lesiones que puede ser reconstruida a base del rico fondo documental gráfico disponible a partir de la época en que el monumento albergó un cuartel del Ejército.
2. Realización de un análisis estructural más preciso que la mera aplicación de la *regla del tercio*.
3. Apertura de catas y estudios geotécnicos del plano de cimentación de los contrafuertes del patio del claustro.

Este conjunto de investigaciones forma parte de la que hemos llamado segunda aproximación al problema.

SEGUNDA APROXIMACIÓN

Datos históricos relevantes

Es bien sabido que, desde 1925 se ha producido una secuencia de intervenciones muy profundas sobre el claustro que, partiendo del patio de un cuartel en que le habian convertido, le retornaron a un estado muy próximo al original. Pero, no se trataba de hacer una revisión de todas estas operaciones, sino, como se ha

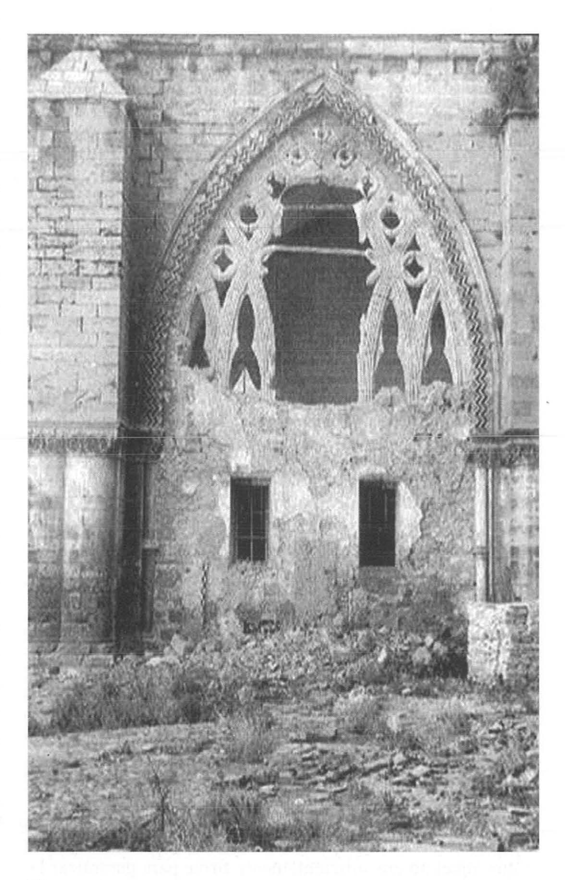


Figura 6
Foto del Arxiu Ferrant en la que se demuestra el efecto de la ascensión capilar de las aguas subálveas

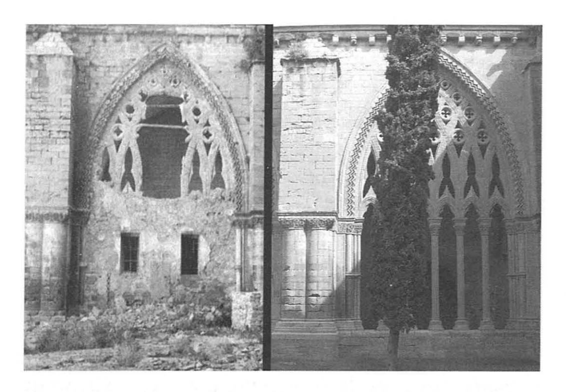


Figura 7
Desorden en el tímpano en la foto antigua. En la actual aparece el desorden reparado

dicho, sólo de aquellas significativas para nuestro objetivo. Es especialmente útil la colección de fotografías con las que los restauradores captaron las sucesivas fases según las cuales se rehízo la parte inferior de la columna adosada del contrafuerte, que estaba afectada por un proceso de pérdida de material que, como se ve en las fotografías más antiguas, con toda probabilidad debido a los efectos de la ascensión por capilaridad del agua del subsuelo (fig. 6).

También se observa en las fotografias más antiguas que se conservan que la columna-contrafuerte 2-3 ha estado afectada desde siempre por un desplome importante y que esta anomalía también se manifiesta en el encuentro con los dos tímpanos de los arcos 2 y 3 (fig. 7).

Pues bien, cuando los restauradores se propusieron «repristinar» el claustro, consideraron que, no solamente era importante substituir la piedra alterada de la parte inferior de la columna, sino que había que restituir, dentro de lo posible, su verticalidad. Mediante la observación de la situación actual se puede comprobar que la parte nueva está a plomo y la parte no restaurada conserva el desplome histórico, cosa que determina, como consecuencia, dos líneas verticales convergentes (fig. 8).

Cabe destacar la fotografía (fig. 9) en la que se ve que, una vez se ha desmontado la parte de la piedra estropeada, el pilar se mantiene sin la ayuda de ningún tornapuntas y sin presentar ninguna nueva deformación. En otras fotografías (fig. 10) se ven unos

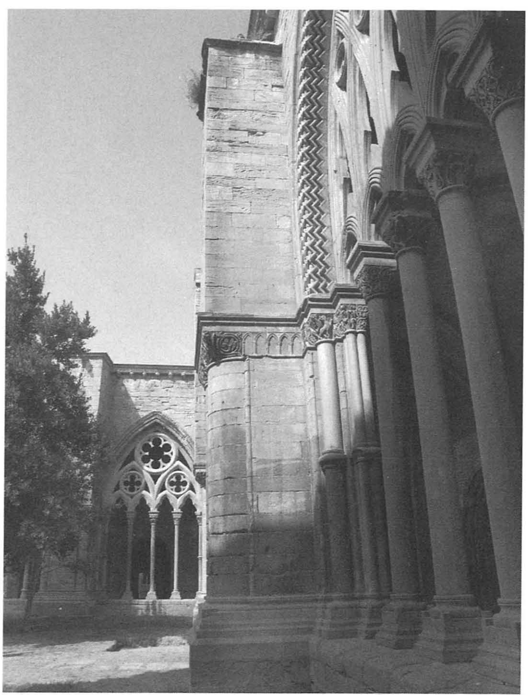


Figura 8
Sección inferior del contrafuerte desplomado y sección superior restaurada, a plomo

tornapuntas, cosa que permite asegurar, de una forma todavía más concluyente, que, aun habiéndose reducido notablemente la masa y la sección resistente del contrafuerte, no supuso ninguna merma de su estabilidad.

La figura 11 nos permite ver el frontal del contrafuerte, lo cual no facilita la observación del desplome, pero si que aportan un dato interesante: se trata de la gran grieta, en los enjarjes entre sillares, la cual se ha rejuntado con un mortero de color blanco y que afecta al tímpano de la derecha en su encuentro con el contrafuerte. No se puede llegar a concluir si ello es consecuencia de una reparación importante, llevada a cabo durante la restauración más reciente del conjunto de sillares de los dos tímpanos que rodean el contrafuerte. Hay un indicio que hace sospechar que ésto pudiera ser así y es precisamente el perfil quebrado que, en la actualidad, presenta la cornisa de coronamiento de esta fachada con el punto de in-

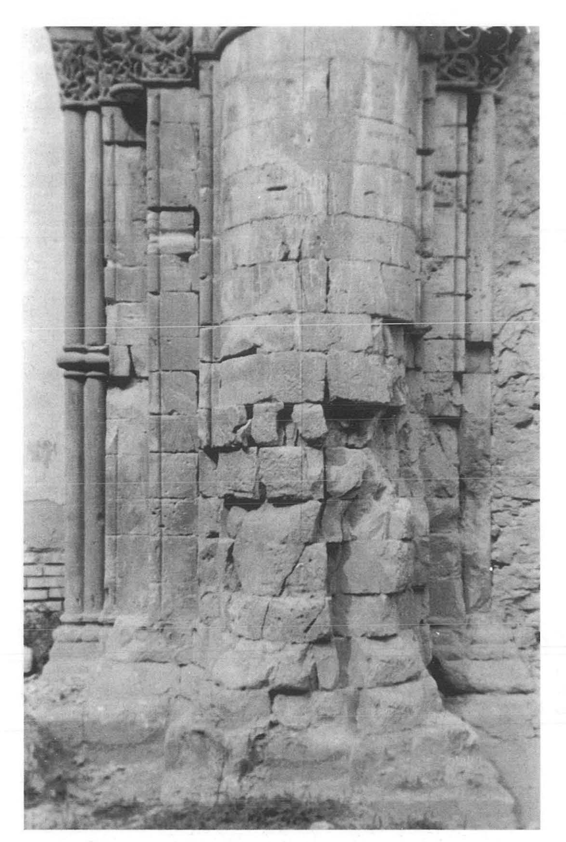


Figura 9
Fotografía tomada del Arxiu Ferrant en la que se observan los sillares estropeados

flexión situado justamente encima del contrafuerte (fig. 12).

Las fotografías históricas y los planos levantados por los diferentes restauradores no indican nada acerca de este perfil roto. Es posible que, de la misma manera que se corrigió radicalmente el desplome del pilar de su parte baja, como se ha visto anteriormente, también estuviera sometido a una reparación importante el desencaje de los sillares situados alrededor del contrafuerte como consecuencia de su desplome, lo cual explicaría que en la actualidad no haya practicament ningún indicio de esta anomalía histórica. En cualquier caso, queda como un dato importante a la hora de formular las hipótesis que se presenten más adelante.

Ampliación de la descripción de la morfología constructiva

Una parte importante y decisiva de la investigación del comportamiento del claustro pasa por conocer con mayor profundidad la morfología de dos de sus elementos clave: el relleno de los senos de las bóvedas y el plano de contacto de los cimientos con el terreno.

Relleno de los senos de las bóvedas. Las catas efectuadas en el relleno de los senos de las bóvedas permitieron comprobar que nos hallamos ante una solución usual en la época medieval: Un relleno de senos con obra de fábrica de mampostería y mortero de cal, en la actualidad extraordinariamente compacto. El estudio dirigido por Màrius Vendrell, afirma que se trata de un hormigón de cal aérea, con áridos

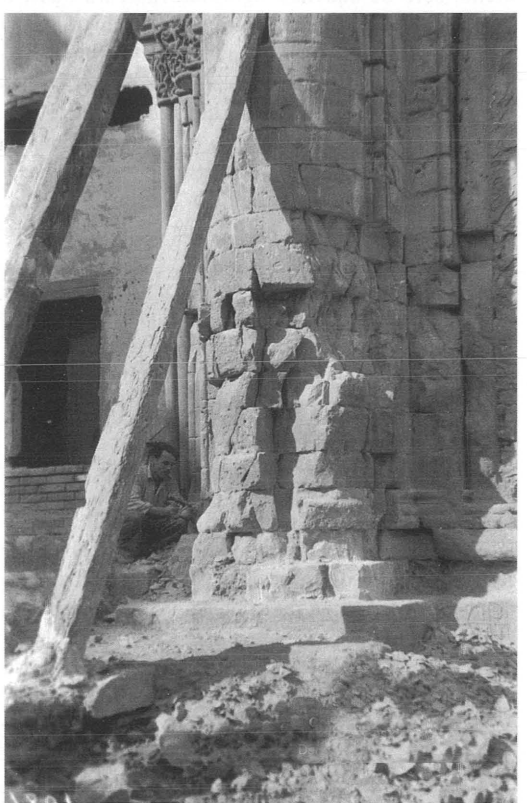


Figura 10
Contrafuerte apeado mediantre tornapuntas

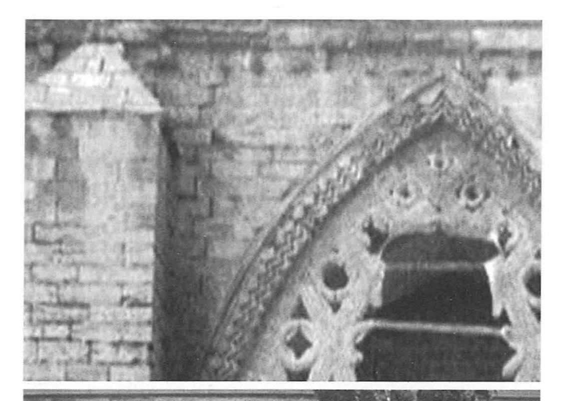




Figura 11
Grieta en los enjarjes de los sillares del tímpano

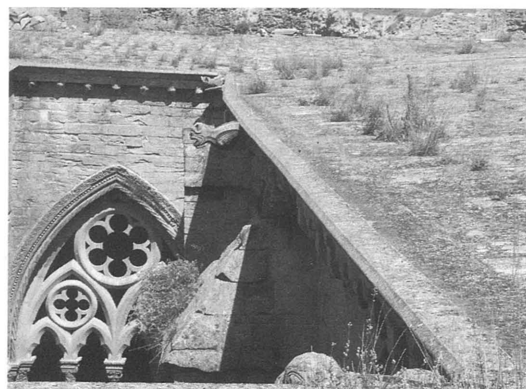


Figura 12
Cornisa de coronamiento del contrafuerte 2–3 con la inflexión en su alineación



Figura 13
Imagen del muro de cimentación del patio, con los sillares tallados y almohadilldos y el contrafuerte descansando sobre una estructura antigua

de dimensiones variadas.Tal como se dice a continuación, esta composición constructiva podría tener consecuencias importantísimas a la hora de establecer hipótesis sobre el comportamiento estructural derivado de los empujes de arcos y bóvedas.

Cimientos. Sin duda, nos hallamos con uno de los elementos clave del comportamento general de todo el conjunto. Ya en las primeras observaciones se intuyó que estas catas eran, como casi siempre, absolutamente imprescindibles. Por este motivo la campaña de apertura de catas ha sido muy extensa. Todos los macizos de cimentación del patio del claustro están constituidos por una fábrica de sillares muy bien tallados, sobre todo sus aristas, lo cual da a los paramentos de los sillares aspecto almohadillado; las juntas son muy finas, de mortero de cal aérea con árido silícico probablemente de rio. (fig. 13).

Pero, concretamente el contrafuerte 2–3, presenta una pecualiaridad importante: el macizo de sillares de su cimentación se apoya sobre una fábrica anterior, puesta en seco y, ademas, sobre un terreno arcilloso. (fig. 13).

No es descartable que, dada esta peculiaridad, el desplome del contrafuerte 2–3 fuera debido a un asiento de su cimentación en este punto en el que las circunstancias son tan excepcionales. Tampoco es de descartar la interpretación de que este asiento fuera producido por el empuje de las bóvedas; pero sin el concurso de la circunstancia excepcional apiuntada, es probable que el asiento no hubiese tenido lugar.

Análisis estructural más preciso

Metodologia. Una vez analizados todos los datos disponibles, y de acuerdo con el conocimiento que se ha podido llegar a alcanzar sobre la morfología interna de las bóvedas, se ha considerado como procedimiento más válido para modelizar el comportamiento estructural del conjunto formado por arcos, bóvedas y contraforts, el derivado de la teoría del análisis límite, del cual existe una extensa bibliografía que lo justifica. Consiste este procedimiento en la comprobación de las líneas de presiones y del punto de paso de la resultante de todas las fuerzas, mediante el procedimiento de cálculo de la estática gráfica.

Para la determinación de cargas y empujes se ha considerado que el relleno de los senos de las bóvedas actúa de la manera más desfavorable en relación con los empujes que puedan producir sobre los contrafuertes, ya que se ha considerado que este relleno no tiene consistencia alguna, ni coherencia, ni resistencia a la tracción, y que actúa como si se tratara de arena o cualquier material incoherente. La observación de las catas hechas sobre el relleno de senos, permitiría, razonablemente, seguir otra hipótesis, basada en que toda esta masa de relleno, produjera exclusivamente cargas verticales; ahora bién, esta hipótesis daría unos resultados muy favorables y probalemente algo alejados de la realidad. Por ello, se ha considerado la hipótesis anterior, que siempre es más desfavorable, pues el empuje es mucho mayor y nos sitúa del lado de la seguridad.

En la figura adjunta (fig. 14) se puede comprobar cómo, en el peor de los casos, esta resultante cae dentro del tercio central del núcleo de inercia, posición bastante alejada del borde del contrafuerte. Eso quiere decir que las tensiones, si bien son bastante grandes en sí mismas, no presentan una gran asimetría. Por lo tanto, el contrafuerte es perfectamente capaz por sí solo de asumir la estabilidad de las bóvedas que descargan sobre él, de manera que el desplome que presenta puede haberse producido por otras causas, como por ejemplo, un asentamiento diferencial del terreno.

Hipotesis 1_Nivel 1(Peso propio del pilar)

Figura 14
En el caso más desfavorable la resultante cae dentro del tercio central del núcleo de inercia de la sección superior del cimiento

Conclusiones provisionales. Nuevas hipótesis

Llegados a este punto, es importante reunir todas las conclusiones parciales que se han ido exponiendo anteriormente. Conviene empezar por la conclusión parcial que nos proporcionó la aplicación de la regla del tercio de los constructiores y tratadistas góticos, en la que se deducía que el grueso o profundidad del contrafuerte era más que suficiente. A la misma conclusión se llega al modelizar el conjunto de la estructura y determinar los empujes mediante el método de la estática gráfica la cual, obviamente, es un procedimiento de análisis bastante más cuidadoso y preciso que la simple regla del tercio. Pero, com suele suceder, si un contrafuerte cumple esta regla y no tiene una altura desmesurada, es estable, pues sus proporciones permiten que la resultante pase por el tercio central de su sección en planta. Si a esto le añadimos las conclusiones sobre la configuración constructiva de la cimentación y sobre la capacidad resistente del terreno, podemos llegar a concluir que la causa del desplome es únicamente esta falta de reacción suficientemente rígida del conjunto formado por el cimiento, las estructuras debajo de él y el terreno sobre el que descansa todo ello. En ningún caso se puede

considerar que el contrafuerte tenga una dimensión insuficiente para asumir el empuje que le provocan las bóvedas.

Sobre el proceso histórico que ha seguido este desplome, poca cosa se puede decir; la hipótesis planteada por el informe histórico, que justificaba la ampliación del resto de contrafuertes a causa de que se había observado inicialmente el desplome del 2–3, es razonable: es decir, que se desplomó y ello llevó a una errónea interpretación por parte de los constructores que consideraron como causa de ello a la poca dimensión del contrafuerte; pero, en realidad, el problema radicaba en su erróneo sistema de cimentación.

El análisis de las lesiones y su evolución histórica permite aventurar una hipótesis en la que serían exclusivamente los contrafuertes los que se desplomaron, mientras que los tímpanos de los arcos, si bien pudieron desplomarse un poco, no lo hicieron, ni mucho menos, tanto como los contrafuertes. Lo cual apuntaría, una vez más, a que es el propio contrafuerte el que, al fallar su apoyo sobre el terreno, cede, mientras que las bóvedas no lo hacen o, al menos, la parte central de la bóveda no lo hace tanto, y, como consecuencia se produce el desencaje entre la fábrica del tímpano y los sillares laterales de los contrafuertes. (fig. 15).

Hemos puesto el título de «Conclusiones provisionales. Nuevas hipótesis» a este apartado final a causa de la falta de verificación que se espera llevar a cabo en una futura campaña geotécnica de mucho más alcance, la cual daría, además, explicación de los desórdenes estructurales observados en otros elementos constructivos del entorno del monumento y al comportamiento general de las edificaciones erigidas sobre la colina en la que se asienta la Seu Vella de Lleida.



Figura 15
Movimiento relativo de los sillares hacia el exterior, arrastrado seguramente por el desplome del contrafuerte

Notas

1. Han sido especialmente útiles las indicaciones ya conocidas de las obras de Heyman y, especialmente, las dadas por Huerta, Santiago. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas: geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Juan de Álava: las bóvedas de crucería reticulares

José Carlos Palacios Gonzalo

Juan de Álava fue uno de los más importantes arquitectos del gótico español. Dentro de la gran variedad de nombres que poblaron el mundo de la arquitectura española a comienzos del fecundo siglo XVI, su figura destaca por las singulares características de su obra, en particular, por los peculiares recursos que puso en práctica en las numerosas bóvedas que tuvo ocasión de construir.

Las bóvedas de crucería de Juan de Álava son perfectamente identificables formalmente. En el gótico español, por regla general, las naves se fragmentan con fuertes arcos perpiaños que las compartimentan en tramos claramente diferenciados. Dentro de cada tramo, se forma un dibujo de crucería en estrella, más o menos complejo, cuyo centro se sitúa en la cúspide de la bóveda. Juan de Álava, por el contrario, se aleja de esta configuración y busca una imagen continua de la nave. Este efecto lo logra, en primer lugar, reduciendo la importancia del perpiaño, para lo cual, aproxima su sección a la del resto de las nervaduras; en segundo lugar, crea un sistema de nervios combados que van enlazando un tramo con el siguiente. Con estos recursos el arquitecto logra una potente imagen visual, las bóvedas de Juan de Álava parecen fluir sin interrupción a lo largo de la nave recordándonos modelos de crucerías centroeuropeos absolutamente extraños en nuestro país.

Para lograr la debida contundencia de esta imagen se requiere dotar a la bóveda de una forma encañonada, lo cual exige que, en el sentido longitudinal de la nave, la cumbrera debe permanecer horizontal mientras que, en el sentido transversal, el espinazo de la bóveda, *el rampante*, debe adoptar una forma mas o menos curvada, en pendiente hacia las claves de los formeros.

En Juan de Álava, la bóveda que acabamos de esbozar, adquiere una forma espectacular por el ingenio y brillantez de sus crucerías. En los intradoses de sus bóvedas se aprecia perfectamente el impulso hacia una complejidad creciente que anima los abovedamientos góticos del siglo XVI. El estudio de sus bóvedas permite poner de relieve otra particularidad fundamental en la obra de este arquitecto: la estandarización. Como descubriremos a continuación, la complejidad de sus crucerías se resuelve homogeneizando al máximo el número de elementos constructivos diferentes. Los arcos que constituyen estos entramados de nervaduras han de llevarse a cabo con un número limitado de curvaturas diferentes, a ser posible, con una sola. Con ello proceso de construcción y montaje de dovelas y cimbras logra una simplificación extraordinaria.

Veamos, a través de los ejemplos seleccionados, cómo el arquitecto conjuga los recursos a su alcance para crear unas bóvedas en forma de retículas continuas de una complejidad formal considerable; todas ellas, sin embargo, han sido resueltas con un altísimo grado de estandarización y una racionalidad constructiva insospechada.

El claustro de la catedral de Santiago de Compostela

Comencemos por una de sus primeras obras, se trata del ala norte del claustro de la catedral de Santiago de

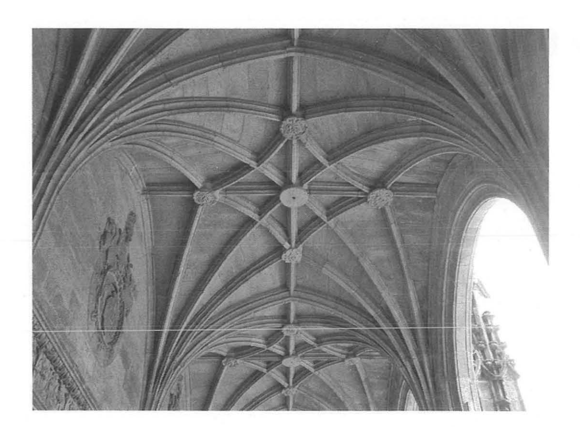


Figura 1
Las bóvedas del ala norte del claustro de la catedral de Santiago de Compostela, obra de Juan de Álava

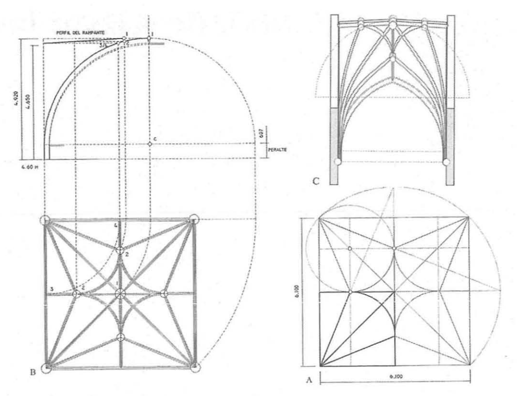


Figura 2
a. Dibujo de la crucería de una de las bóvedas del claustro de la catedral de Santiago de Compostela
b. Trazas de los arcos que forman esta bóveda, todos los arcos son porciones del medio punto del arco diagonal. el resultado es el rampante llano y la estandarización de las curvaturas de todos los arcos con que se forma la bóveda
c. Sección perspectiva de las bóvedas del claustro mostrando la línea de su *rampante llano*

Compostela cuyas trazas debió ejecutar hacia 1510 (fig. 1). Son bóvedas de planta cuadrada, aparentemente sencillas, sin embargo, constructivamente, ponen ya en práctica algunas habilidades constructivas que Juan de Álava desarrollaría posteriormente de manera espectacular. Podríamos definirla como una bóveda de cinco claves con un sencillo combado en forma de cuadrado de lados cóncavos colocado alrededor de la clave polar, véase la figura 2A. Al llevar a cabo la proyección vertical de esta nervaduras, enseguida se aprecia que la diagonal es un arco de medio punto peraltado respecto a la línea de impostas unos 60 cm (fig. 2b). Además se comproba que, al llevar a cabo el abatimiento de los arcos, las alturas de las claves de los terceletes y de los formeros vienen a situarse en el recorrido de este arco crucero semicircular, lo que quiere decir, que estos arcos no son sino porciones del arco diagonal, por tanto, toda la bóveda se ejecuta con un sólo arco: el medio punto del crucero.

Podemos ya imaginar las ventajas que se desprenden de esta sistematización de curvaturas. Las dovelas de todos los arcos con que se forma la bóveda pueden ser iguales, como también lo serán las cimbras con las que ha de construirse la bóveda. Observemos además que la sección de todos los nervios, incluido el combado, son idénticas, sólo el arco perpiaño es ligeramente más prominente. Unificar las secciones de todas las nervaduras con que se forma la bóveda, es un recurso en el que Álava insistirá en su empeño de lograr bóvedas encañonadas continuas, en la medida de lo posible no fragmentadas por protuberantes arcos perpiaños.

Cuando se produce esta coincidencia de curvaturas entre los arcos, el espinazo de la bóveda resultante es una línea recta ligeramente inclinada hacia los formeros. Al observar de nuevo la fotografía 1, hay mirar con verdadera atención para apreciar la inclinación de los caballetes de la bóveda; por el contrario, la impresión que se obtiene en un primer vistazo es que la línea de cumbrera es completamente horizontal, de ahí el nombre que recibían este tipo de bóvedas: *de rampante llano*. En la figura 2c se aprecia con claridad la ligera caída del rampante. La esbelta volumetría de la bóveda resultante se pone nítidamente de manifiesto en la figura 3.

En cada tramo, el dibujo de su crucería es estrellado, pero, la particular forma del nervio combado que introduce Juan de Álava, permitirá el enlace visual de la estrella de cada bóveda con las contiguas. Este efecto se pone especialmente de relieve en las vueltas del claustro, donde el nervio combado logra toda su expresividad al describir tres cuartas partes de un cuadrado de vértices curvos, como puede verse en la figura 4. Obsérvese igualmente que la línea mixtilí-

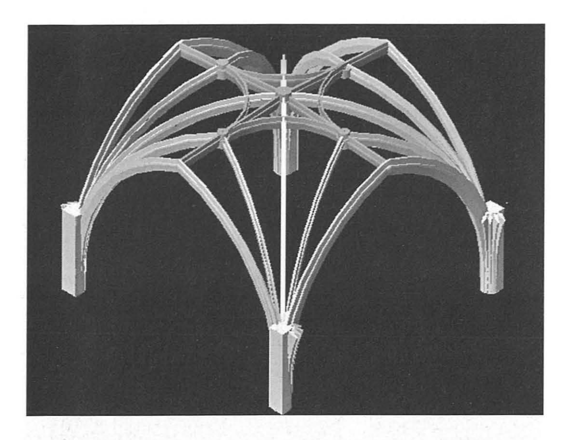


Figura 3
Modelización de la bóveda del claustro de la catedral de Santiago de Compostela en la que puede apreciarse el peralte en el arranque y el *rampante llano* de su espinazo

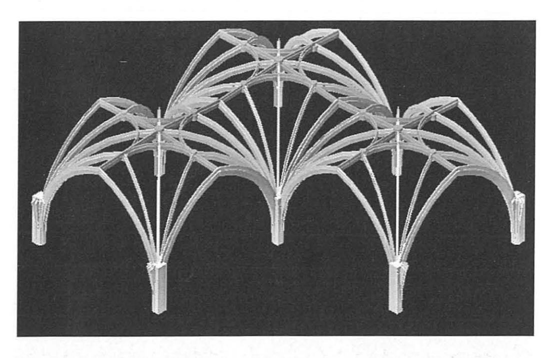


Figura 4
Vuelta del claustro de la catedral de Santiago de Compostela, es en este punto donde el sencillo diseño de crucerías adoptado por Juan de Álava muestra su sorprendente capacidad expresiva

nea que forma el nervio combado y las ligaduras, al recorrer la cumbrera de la bóveda, subrayan la embocadura de un trompeta formada por el racimo de arcos que parte de los arranques. Por tanto, ya en esta obra, se aprecian algunas de las constantes sobre las que se elevan y articulan las bóvedas de Álava; en primer lugar un cierto grado de complejidad visual que se logra por la fluencia y continuidad de las nervaduras a lo largo de todas las bóvedas que forman este ala del claustro y, en segundo lugar, la estandarización y simplificación de las nervaduras.

La catedral de Plasencia

Hacia el año 1017, Juan de Álava es llamado a Plasencia para hacerse cargo de las obras de su catedral. Comienza por entonces la obras del espectacular ábside de esta catedral prolongado por la bóveda del presbiterio, conjunto éste que podemos observar en la figura 5. La bóveda que cubre el presbiterio pone de manifiesto de manera espectacular uno de los recursos estéticos en que Juan de Álava llegaría a ser un maestro indiscutible: las redes de nervios combados. Como muestra la figura 6A, se trata de una bóveda rectangular de proporciones extremadamente alargadas, sobrepasando incluso la proporción 2:1; el dibujo permite ver que el diseño de su crucería se obtiene con la ayuda de una cuadrícula regular de 4 3 4, con esta trama quedan localizados los puntos claves con los que dar forma a esta notable tracería.

En la figura 6b se ha representado el abatimiento y traza de los arcos principales que forman la bóveda. Lo primero que llama la atención es que todos los arcos arrancan con un fortísimo peralte, 2,55 m, desde la moldura horizontal que fija la línea de impostas, este detalle se aprecia claramente en la fotografía 5. El arco diagonal, el crucero, parte con este peralte describiendo un arco de medio punto perfecto con centro C1. Posteriormente, al trazar el arco perpiaño, se observa que la altura de su clave 4, viene a coincidir sobre la curvatura del arco diagonal y lo mismo sucede con el tercelete 2. Es decir, que como ya suce-

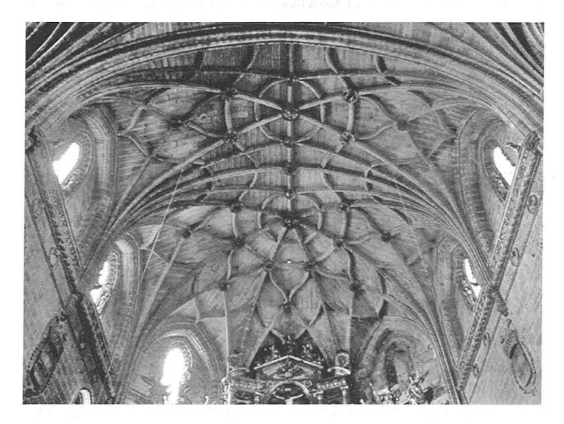


Figura 5
Bóvedas del ábside y presbiterio de la catedral de Plasencia, obra de Juan de Álava

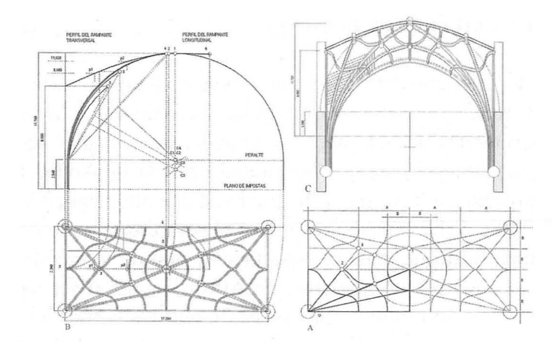


Figura 6
Bóveda del presbiterio de la catedral de Plasencia.
a. Diseño de la crucería en planta a partir de una trama ortogonal,
b. Traza de las curvaturas de los arcos con que se forma esta bóveda
c. Sección perspectiva por el eje longitudinal mostrando la curva de su rampante

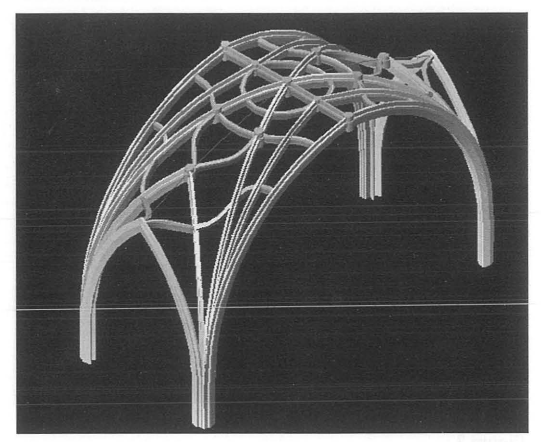


Figura 7
Bóveda del presbiterio de la catedral de Plasencia en la que pueden apreciarse las líneas de sus dos rampantes, el fuerte peralte de sus arranques y la volumetría resultante

día en la bóveda compostelana, se vuelve a producir una coincidencia de curvaturas, como resultado de la cual el espinazo de la bóveda, el rampante longitudinal, es una línea prácticamente horizontal.

Por lo que respecta al tercelete 3 y el formero 4, las alturas de sus claves, no coinciden en absoluto con la curva del arco diagonal, ello nos hace pensar que pudieran ser dos arcos diferentes. Sin embargo, dada la sistematización de curvaturas que parece estar presente en la construcción de la mayor parte de las bóvedas de Juan de Álava, proponemos aquí otra forma de trazar estos dos arcos de maneras que sus curvaturas puedan ser idénticas a las de los anteriores. Bastaría para ello abandonar la idea de que los centros de estos dos arcos deban forzosamente estar situados sobre la misma línea de impostas que los anteriores. Un arco cuyo centro quede por debajo de la línea de impostas no podría arrancar tangente a la vertical, como parece lo correcto, pero esta anomalía no tiene por que provocar un efecto visual negativo; en la práctica, es una inclinación tan leve que a penas se percibe a simple vista. Se trata ciertamente de una hipótesis a confirmar con medidas más rigurosas, de momento, con este interesante criterio que unificaría todos los arcos de la bóveda, se han trazado las curvaturas del tercelete 3 y el formero 4 (fig. 6b).

El permitir que algunos arcos que concurren en la construcción de una bóveda puedan tener sus centro

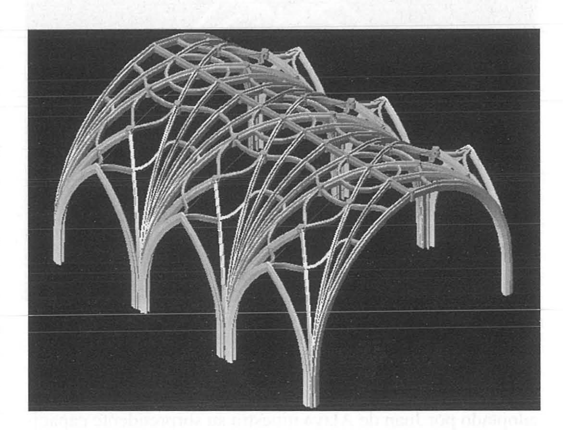


Figura 8
Bóveda en red resultante de una eventual repetición de la bóveda del presbiterio de la catedral de Plasencia

fuera de la línea de impostas es un recursos que ya detectó Robert Willis en las bóvedas de ligadura inglesas. En el gótico inglés es un criterio irrenunciable el que la línea de cumbrera, la «ridge line», debe ser estrictamente horizontal. esta circunstancia hace que todos los arcos que parten de un mismo arranque deban alcanzar la misma altura con luces diferentes, por tanto, todos ellos han de ser arcos de diferente curvatura. Willis pudo comprobar, y en ocasiones así se

aprecia a simple vista, que los arcos podría tener su centro por debajo de la línea de imposta, o, por encima. En el primer caso estaríamos en presencia de un arco ligeramente escarzano y, en el segundo, el arco sería ligeramente cóncavo en el arranque.

La línea del rampante transversal de esta bóveda es una curva que cae con bastante pendiente desde la clave central hasta la cúspide del arco formero; una sección por este eje de la bóveda puede apreciarse en la figura 6C. A continuación se presenta una volumetría de la bóveda resultante con toda la tracería de nervios combados cuya traza, por razones de espacio, omitiremos aquí. Como se puede observar en la figura 7, se trata de una bellísima red de nervaduras cuya racionalidad constructivamente hace aún más atractiva.

Como suele suceder en las bóvedas de Álava las secciones de las nervaduras son muy similares, es difícil establecer diferencias entre ellas; concretamente el arco perpiaño, queda difuminada entre la espesa red de nervios. Los combados se conectan elegantemente con los del ábside y queda abiertos, en espera diríamos, para conectarse con una inexistente bóveda similar que prolongara el presbiterio. Esta idea nos ha llevado a recrear una nave resuelta con esta bóveda (fig. 8). El resultado es tan espectacular como, en la realidad, inexistente, pero, sin lugar a dudas, podemos afirmar que esta formidable red y otras similares poblaron la mente y la imaginación de Juan de Álava.

El monasterio de San Esteban, Salamanca

En la madurez de su actividad profesional, en el año 1524, Juan de Álava se hace cargo de la obra del monasterio de san Esteban, en Salamanca, dirigiendo las obras hasta 1533. En este monasterio Álava construye dos de sus bóvedas más notables: las bóvedas del claustro y las de la nave de la iglesia. Las bóvedas que forman el claustro son de planta cuadrada y van adornadas con una crucería cuyo diseño busca establecer una continuidad visual a lo largo de la enfilada de bóvedas que forma el claustro (fig. 9). Este efecto lo logra Juan de Álava poniendo en práctica tres recursos; en primer lugar, para que la nave no quede fragmentada en tramos, unifica la sección del arco perpiaño a la del resto de los nervios; en segundo lugar, colocando un combado que pasa de una bóveda a la contigua en forma de semicircunferencia abrazando el racimo de nervaduras y, en tercer lugar, adoptando un caballete de la bóveda estrictamente horizontal en la dirección de ambos ejes.

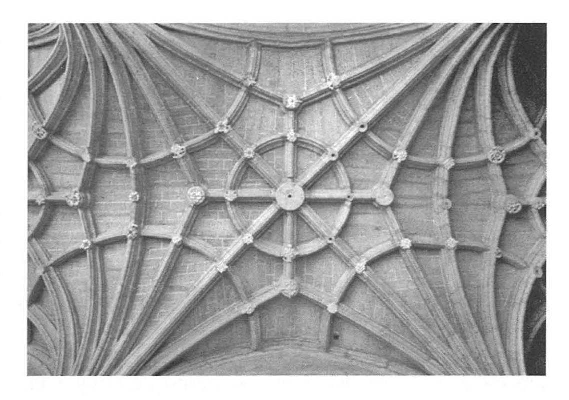


Figura 9
Crucería de las bóvedas del claustro del monasterio de san Esteban, Salamanca, obra de Juan de Álava

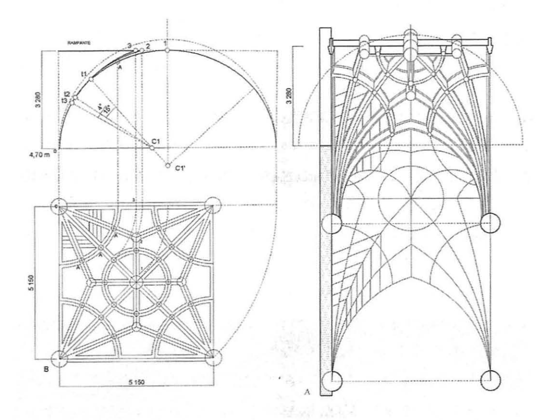


Figura 10
Bóveda del claustro del monasterio de san Esteban
a. Sección perspectiva mostrando su rampante estrictamente horizontal y su clave central por debajo del medio punto
b. Dibujo de sus arcos, el diagonal ovalado y los arcos tercelete y formero trazados a partir del óvalo de la diagonal

Al llevar a cabo la traza de sus arcos vemos que la clave del arco diagonal se encuentra por debajo del arco de medio punto (fig. 10B). Esta circunstancia indica que este arco debe ser un arco rebajado cuya traza, probablemente, sea un óvalo; en la figura ha sido dibujado con los centros C1 y C1'. A continuación,

con medidas reales, se sitúan de las claves del tercelete 2 y el formero/perpiaño 3, descubriendo entonces que la línea de cumbrera es perfectamente horizontal (fig. 10a). Como la altura de las claves de ambos arcos es igual pero la luz de ambos es diferente, en principio suponemos que se trata de dos arcos de diferente curvatura. Sin embargo, el hecho de que el arco diagonal sea un óvalo permite poner en práctica una técnica con la que lograr unificar la curva de todos los arcos. Pensemos al respecto que un óvalo está formado por dos porciones de semicircunferencia, la porción de arranque y la parte superior. Estos dos fragmentos del óvalo tienen un punto de tangencia que, en nuestro dibujo del arco diagonal, se produce en el punto 11 (fig. 10b). El arco 2, el tercelete, tiene una luz más pequeña pero mantiene intacta su altura; este arco se podría trazar con las mismas curvaturas que el arco diagonal si se hiciera rodar la parte superior de este arco sobre la parte inferior, de manera que el punto de tangencia entre ambos tramos pasara del punto11 al 12. Lo mismo podrá hacerse con el arco formero, entonces, la tangencia entre ambos fragmentos del arco pasaría al punto 13. Por tanto, el uso de un arco diagonal ovalado, también permitiría unificar las curvaturas de los tres arcos y, con ello, el número de dovelas desiguales.

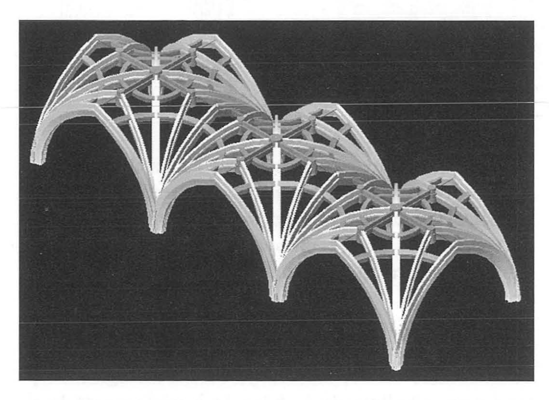


Figura 11
Volumetría de tres tramos del claustro del monasterio de san Esteban, en la imagen puede apreciarse el rampante horizontal, el arco diagonal oval, y cómo la crucería va formando una red a lo largo del claustro. La particular forma en que se lleva a cabo la traza de esta bóveda tiene como resultado la aparición de las trompetas en los arranques que indefectiblemente recuerdan el gótico inglés

En resumen, nuevamente encontramos una brillante idea resuelta sin abandonar la racionalidad constructiva y la estandarización de sus componentes. Al restituir el volumen de la bóveda, la crucería del claustro de san Esteban se muestra en toda su plenitud (fig. 11). Es entonces cuando la red de nervaduras cobran la capacidad expresiva prevista por su arquitecto; una tracería de dibujo aparentemente sencillo pero que genera un red espacial de una complejidad formal insospechada.

Para la nave de de la iglesia del monasterio, Álava concibe una de las bóvedas más espectaculares producidas por el gótico español (fig. 12). Se trata de una gran bóveda de proporciones catedralicias dividida en tramos rectangulares de proporción 2:1. Sobre su intradós se extiende una singular y compleja red de crucerías que, no obstante, se ordena con claridad a partir de una retícula ortogonal regular de 8 3 4 (fig. 13a). Como se puede comprobar en el dibujo, además de los dos arcos cruceros, la bóveda lleva terceletes y contraterceletes sobre el eje mayor y, en la dirección del eje menor, simples terceletes. Tejida sobre la nervadura principal se dispone la nervadura secundaria con un dibujo de combados verdaderamente singular que, como es habitual en Álava, terminan «en espera» sobre el arco perpiaño, con objeto de enlazarse con los del tramo contiguo.

La continuidad de la bóveda se logra poniendo en práctica dos recursos a los que hemos tenido ocasión de referirnos anteriormente. En primer lugar, escogiendo un rampante llano en la dirección del eje de la nave y, en segundo lugar, disminuyendo en lo posible la sección del perpiaño. El espinazo longitudinal de la bóveda parte desde la clave central hacia los formeros describiendo una rampante curvado de considerable pendiente. El resultado es una bóveda encañonada en las que las crucerías parecen fluir libremente desde un extremo al otro de la nave.

Al proceder a la traza de los arcos, se comprueba en primer lugar que el arco diagonal describe exactamente un medio punto, con su centro en la línea de impostas (fig. 13b). Su clave, por tanto, alcanza la altura del semicírculo 1. Posteriormente, al abatir los terceletes del lado mayor, los arcos 3 y 4, comprobamos que las alturas de sus claves se sitúan sobre la traza del arco diagonal, lo que indica que en realidad estos arcos se forman con porciones del semicírculo diagonal. Lo mismo sucede en la otra dirección, tanto el tercelete 2, como el arco perpiaño tiene sus claves

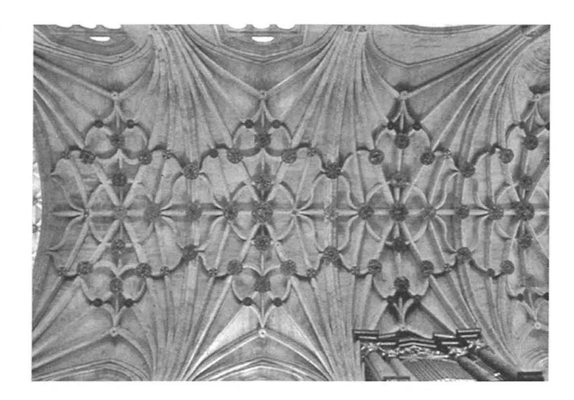


Figura 12
Bóvedas de la nave del monasterio de San Esteban, Salamanca, obra de Juan de Álava

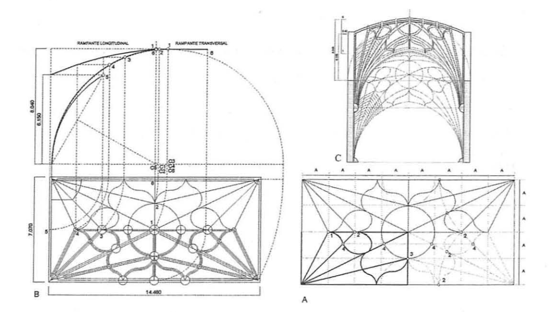


Figura 13
Bóvedas de la nave del monasterio de San Esteban
a. Dibujo de la crucería a partir de una trama regular de 8 3 4
b. Traza de los arcos. Todos ellos sobre la curvatura de la semicircunferencia diagonal
c. Sección perspectiva mostrando la línea del rampante longitudinal

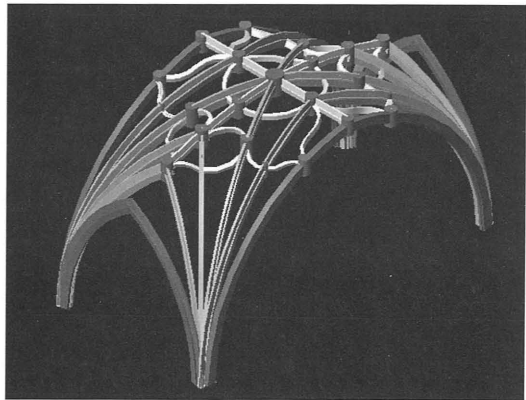


Figura 14
Volumetría de la bóveda que cubre cada tramo del convento de san Esteban. A pesar de su extraordinaria complejidad, toda la bóveda puede ejecutarse con un solo arco, el medio punto de su diagonal

sobre el mismo arco diagonal, por tanto, el rampante en esta dirección, la línea 1,2,6, es prácticamente horizontal (aunque con la pendiente necesaria para que las claves 2 y 6 queden a la altura que fija el arco diagonal). En resumen, todos los arcos por tanto tienen la misma curvatura, la del medio punto diagonal.

Solo el formero parece escaparse de esta estandarización; como puede comprobarse en la figura 13b, la clave 5 se sitúa claramente por debajo de la diagonal. La curva de este arco se ha trazado aquí con un centro independiente, el c5, situado en la línea de impostas; por tanto, el formero es el único arco trazado con una curvatura diferente al resto. Esta forma de trazar el formero exigiría una comprobación minuciosa, ya que, bien podría suceder que el centro de este arco no estuviera situado sobre la línea de impostas, en cuyo caso, como anteriormente trazamos la bóveda de Plasencia, también este arco podría trazarse con una porción del medio punto diagonal. El rampante que resulta al unir la clave central 1, con las de los terceletes 3, 4 y el formero 5 es una suave curva de pendiente bastante pronunciada que la figura 13c muestra claramente.

El resultado de esta geometría es una de las bóvedas más notables del gótico español. La elevación de la tracería que acabamos de explicar muestra una red espacial verdaderamente singular que nos hace entender la mentalidad con que Juan de Álava concebía sus bóvedas (fig. 14). Como puede apreciarse, se trata una red continua que, como una estructura tridimensional, va cubriendo el espacio con sus nervaduras de piedra dando forma a una formidable retícula sobre la que, posteriormente, se extiende la delgada cáscara de plementería (fig. 15).

Conclusiones

Esta comunicación pretendía, en primer lugar, poner de relieve la obra de uno de los arquitectos más rele-

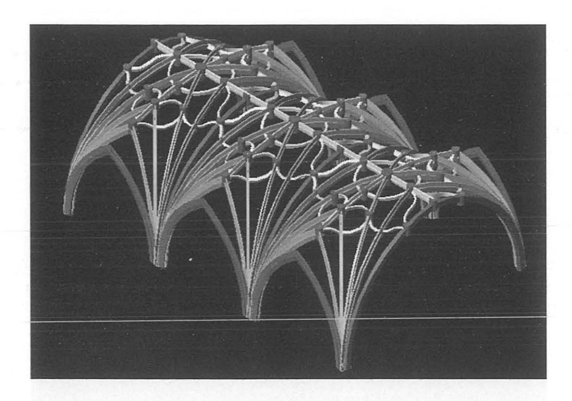


Figura 15
Volumetría de la nave del convento de san Esteban mostrando la formidable red espacial concebida por Juan de Álava

vantes del gótico español. En segundo lugar, quería señalar cómo, en las espectaculares y complejas bóvedas de crucerías de Juan de Álava, se articula el binomio sobre el que se sustenta el gótico en su momento de plenitud: complejidad y estandarización. El impulso estético que desde el principio anima el estilo gótico, busca la belleza en un gradiente de complejidad creciente, en la subdivisión permanente de todos los elementos constructivos y decorativos; sin embargo, como acabamos de comprobar, ningún paso se lleva a cabo sin sustentarse en la racionalidad constructiva más estricta, haciendo intervenir criterios de estandarización y orden que hoy día se nos antojan extraordinariamente modernos. Nada de todo ello hubiera sido posible sin el dominio de la herramienta que permitía obtener el alzado de la planta con total seguridad, la herramienta que permitía a los maestros de cantería dar volumen a las trazas horizontales: la geometría.

LISTA DE REFERENCIAS

Castro Santamaría, Ana. 2002. *Juan de Álava, arquitecto del Renacimiento*. Salamanca: Caja Duero.

Fitchen, John. 1961.*The construction of the Gothic cathedrals*. Chicago: University of Chicago Press.

Frank, Paul. [1962] 2002. *Arquitectura gótica.* Manuales. Madrid; Arte Cátedra.

García, Simón, 1941. *Compendio de arquitectura y Simetría de los templos*, Salamanca: José Camón. Universidad de Salamanca.

Gómez Martínez, Javier. 1998. *El gótico español en la Edad Moderna. Bóvedas de Crucería.* Valladolid: Universidad de Valladolid.

Palacios Gonzalo, José Carlos. 2003. *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español.* Madrid; Editorial Munilla-Lería.

Palacios Gonzalo, José Carlos. 2005. «Las bóvedas de crucería rebajadas: criterios de diseño y construcción». *Actas del cuarto Congreso de Historia de la Construcción*, vol II. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Palacios Gonzalo, José Carlos. 2005. *The gothic oval ribbed vaults.* Seminario Internationale: Teoria e Pratica del Construire: Saperi, Instrumenti, Modelli. Vol. 4. Rabean: Ed. Moderna.

Palacios Gonzalo, José Carlos. 2006. «The gothic ribbed vaults in Rodrigo Gil de Hontañón». En *Procedings of the Second International Congress on Construction History*, vol. 3. Cambridge: Construction History Society.

Rabasa Díaz Enrique. 1996. «Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería española del siglo XVI». En *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y Construcción en piedra, de la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX.* Madrid: Akal.

Rabasa Díaz, Enrique. 2005. «Construcción de una bóveda de crucería en el centro de oficios de León». En *Actas del cuarto Congreso de Historia de la Construcción, Cádiz*, vol II. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Simón García. [1681] 1941. *Compendio de arquitectura y simetría de los templos.* Publicado por José Camón. Salamanca: Universidad de Salamanca.

Viollet-le-Duc. 1996. *La construcción medieval.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Willis, R. 1842. *On the construction of the vaults of the middle Ages,* vol I, part II. Longman. London: Royal Institute of British Architects.

Un ejemplo dieciochesco de Historia de la Arquitectura: el *Ensayo de Dissertación Histórica sobre la Iglesia de Santiago de Compostela* (1768)

Paula Pita Galán

La Historia de la Arquitectura gallega se encuentra ligada desde sus inicios al que sin duda es el monumento más emblemático de Galicia, la catedral de Santiago de Compostela. En 1768 Antonio Caamiña, un joven arquitecto que trabajaba en el monasterio benedictino compostelano de San Martín Pinario, realizó la primera reconstrucción hipotética del conjunto arquitectónico prerrománico que conformaba el *locus Sancti Iacobi* (fig. 1. Antonio Caamiña. Plano del *locus Sancti Iacobi* en el manuscrito de fray Bernardo Foyo, 1768. B.X.U.S.), germen de la ciudad de Santiago, en la diócesis de Iria (López Alsina 1988, 130). Dicha reconstrucción consistía en una planimetría donde los edificios recreados, realizados en tinta amarilla, convivían con los edificios reales, el moderno complejo catedralicio y el monasterio de San Paio de Antealtares diferenciados por la tinta roja, que actuaban como soporte topográfico. El plano dibujado por este arquitecto ilustraba el *Ensayo de Dissertación Histórica sobre la Iglesia de Santiago,* un manuscrito redactado por fray Bernardo Foyo, monje archivero y bibliotecario del citado cenobio.[1] A pesar de ser presentado como una historia del templo jacobeo, este ensayo pretendía constituir una breve historia de las comunidades benedictinas compostelanas, vinculadas en origen al culto apostólico. Así lo señaló el autor en el prefacio de su obra al escribir lo siguiente:

> El obgeto del presente escrito es: 1° averiguar unos hechos intrincados, menos por sí mismos que por la preocupación de algunos, y no sé si nimia condescendencia de otros Autores quienes, o con suposiciones sin prueba o estudiados descuidos, disimulan la verdad o confirman el error. 2° Ventilar un derecho contestado a la Religión de San Benito de haver sido la primera y única que sirvió por cien años al Apóstol Santiago, honor que no se halla en ánimo de ceder mientras pueda estar persuadida a que le assiste bastante razón para sostenerle. 3° Hacer ver la disciplina o modo de vida que observaron nuestros predecessores o primeros Ministros Clérigos, sus principios, progresos, decadencias, mudanzas y sus causas hasta que se fixó la disciplina que oy vemos observada en el Yllustrísimo Cabildo, con exclusión de los monges.[2]

La historia de las casas benedictinas españolas era una asignatura pendiente todavía en el segundo tercio del siglo XVIII, debido a que la *Corónica General de la Orden de San Benito* (Yepes 1610) había neutralizado, en ese momeno, todo intento de estudiar integralmente cada cenobio. Los estudios se retomaron durante el reinado de Carlos III, cuando el ambiente adverso que padecían las ordenes religiosas avivó la necesidad de poner en práctica mecanismos que resaltasen su valor social y cultural. En carta acordada en 1757 fray José Balboa, general de los benedictinos, insistía en la necesidad de encaminar a los monjes hacia la lectura, con el fin de que aquellos más capaces se dedicasen al estudio. Se trataba de un intento de elevar el nivel intelectual de la Congregación acercándolo al de los benedictinos franceses y alemanes, empleando los monasterios como una suerte de seminarios en los que los monjes alcanza-

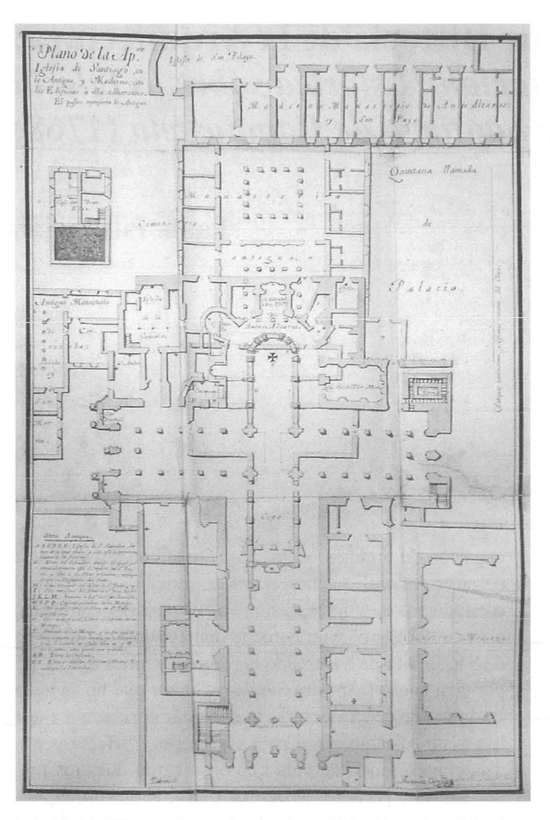


Figura 1

sen una formación erudita, aprovechándose de los ricos fondos de sus bibliotecas y archivos (Rey Castelao 2003, 549 y 711). Se consiguió así la reacción de monjes eruditos y no tan letrados que iniciaron una producción cultural que abarcaba desde las ciencias naturales hasta los estudios históricos, que con frecuencia escondían una defensa de la legitimidad y tradición de la orden o de sus casas monásticas. El contexto explica por qué Foyo, que no era historiador sino un hombre «de rara curiosidad» (Rey Castelao 2003, 313), inició un ensayo sobre el origen de los monasterios benedictinos compostelanos, que ocultó bajo la vestimenta de una historia sobre la Iglesia de Santiago.

Actualmente, las fuentes para el estudio del *locus* son los documentos y crónicas de la Edad Media, en cuya comprensión y conocimiento se han realizado grandes avances científicos, así como la información aportada por los restos hallados en las excavaciones arqueológicas llevadas a cabo en el subsuelo y alrededores de la catedral compostelana. A éstas debe añadirse, claro está, la mucha bibliografía que se sigue produciendo sobre el tema. En el momento en que se escribió el *Ensayo* únicamente se podía disponer de una base heurística formada por los escritos medievales y la bibliografía moderna de asunto jacobeo compuesta, mayoritariamente, por escritos de tipo historicista. Las múltiples lagunas de información permitían la elaboración de hipótesis tan variables como el punto de vista desde el cual se afrontaba el estudio, dando cabida a propuestas tendenciosas, propias de la historia pre-científica y completamente ajenas al espíritu científico. Foyo, desconocedor de las tendencias historiográficas más avanzadas de su tiempo e interesado en salvaguardar los intereses de su comunidad, engrosó la lista de autores de pre-científicos.

En el prefacio del manuscrito el autor señaló las que fueron sus fuentes principales:

> Los documentos que principalmente han ministrado materia a este escrito son: 1º Los Privilegios de la Apostólica Yglesia de Santiago, como se contiene en Argaiz [1663], Castela [1610] y Flórez [1765a]. 2º Los del Monasterio de San Martín, conservados en su Archivo, e impresos los principales en Yepes [1610]. 3º La Concordia entre don Diego Peláez obispo y San Fagildo, abad de Antealtares, después de pleito seguido ante el Rey don Alfonso el VI y ajustado por el mismo Rey y grandes de Galicia, y de la que se conserva copia autorizada en el archivo del señor Marqués de Bianze, como succesor [sic] en la casa de Bóveda. 4º La Historia Compostelana, impresa por el Reverendísimo Flórez [1765b] (Foyo 1768)

Ésta fue su base heurística fundamental, aunque a lo largo del texto cita muchas otras obras.[3] De entre los documentos manejados tres fueron fundamentales: un privilegio de Alfonso II (4 de septiembre de 834), el Acta de Consagración de la basílica compostelana de Alfonso III (899) y la citada Concordia de Antealtares (1077). Basándose en las noticias contenidas en dicha Concordia, Foyo elaboró un discurso defendiendo que los primeros encargados de dirigir la iglesia de Santiago habían sido los monjes de Antealtares, primera comunidad de benedictinos asentada en Compostela, cuya labor se extendió durante tres siglos. La Concordia de Antealtares fue firmada en el año 1077 entre San Fagildo, abad de este mo-

nasterio, y el obispo compostelano Diego Peláez. En ella se acordaba la restitución de las pérdidas sufridas por la comunidad tras el inicio de las obras de la catedral románica, que habían hecho preciso demoler el templo, parte de su cerca y del claustro monástico. Parte del valor de este documento reside en que cita aquellos edificios mandados construir por el monarca Alfonso II tras el hallazgo de la tumba apostólica:

> después de haber fabricado sin tardanza una Iglesia en honor del mismo Apóstol, se apresuró á edificar cerca de la misma otra á honor del bienaventurado S. Juan Bautista; y delante de los mismos santos altares otra tercera, no pequeña, que contenía tres altares, el primero en honor de S. Salvador, el segundo en el de S. Pedro Príncipe de los Apóstoles, y el tercero en el del Apóstol S. Juan. En la cual puso por Abad á D. Ildefredo, varón de gran santidad, con no menos de doce monjes encargados de la custodia del Apóstol, y dedicados al oficio divino, para que cantasen los divinos oficios y celebrasen continuamente misas sobre el cuerpo del Apóstol, y separándoles por su carta de donación un lugar delante de los mismos altares hacia la parte de Oriente, en el cual construyesen claustro y oficinas según la regla de S. Benito (Zepedano 1870, apéndice primero).[4]

Actualmente, se acepta el valor de esta *narratio,* pues «refleja el fondo histórico sobre el cual ambos pleiteantes estaban de acuerdo» (López Asina 1988, 129). No es admisible, sin embargo, la temprana adesión de la comunidad de Antealtares a la orden benedictina que pretende el texto. La benedictinización de los monasterios gallegos no se produjo hasta la segunda mitad del siglo XI (Andrade Cernadas 1997), de manera que la alusión de la Concordia debe ser entendida como un símbolo de la plena asunción de la regularidad por parte de la comunidad de Antealtares. Foyo, que ignoraba este hecho, se aferró a esta noticia para defender el profundo y temprano vínculo de los benedictinos con el culto jacobeo, una proposición que vertebró todo su discurso. Otro documento que cita la existencia de tres templos es el Acta de Consagración de Alfonso III (899), que había promocionado la remoción del conjunto eclesiástico compostelano. Estas noticias contrastan con la información aportada por el privilegio firmado por Alfonso II el 4 de septiembre de 834, que habla únicamente de una iglesia.[5]

A pesar de la desavenencia de las fuentes, Foyo ideó una hipótesis que lograba compatibilizarlas. Aprobechándose de una leyenda compostelana que decía que el subsuelo de la catedral era hueco, propuso que «la Yglesia era una, a la misma traza que oy la Yglesia alta y común, la vaja o subterránea» (Foyo 1768, 32). Es decir, que se trataba de un templo con dos plantas, la subterránea albergaba la tumba del Apóstol y su altar mientras que la superior era la iglesia «no pequeña» que contenía los altares del Salvador, San Pedro y San Juan. Ambos espacios eran idénticos, por lo que Caamiña únicamente dibujó un templo. Con esta compleja propuesta lograba favorecer los intereses de los benedictinos, ya que el templo monástico de Antealtares se convertía en templo apostólico y sus monjes en los ministros de la sede.

Hoy en día sabemos que la realidad de los acontecimientos fue muy otra. Nadie cuestiona que Alfonso II creó la comunidad de Antealtares para garantizar el culto *supra corporis apóstoli*, pero el dominio de la diócesis, incluída la iglesia de Santiago, seguía estando en manos del obispo y clero de Iria, que poco después del hallazgo se instalaron junto a los restos apostólicos.[6] Este hecho demuestra que los monjes eran únicamente los custodes del culto jacobeo, mientras que la iglesia de Compostela se convertía en sede *de facto* de la diócesis iriense, en detrimento de Santa Eulalia de Iria (López Alsina 2004). En el 1095 el papa Urbano II firmó una bula que hacía oficial el traslado de la silla episcopal de Iria a Santiago, acontecido doscientos años atrás. Foyo (1768, cap.II), sin embargo, quiso ver en este documento el traspaso definitivo de las funciones de los monjes al clero, concediendo a la comunidad de Antealtares la autoridad de haber gobernado la sede compostelana durante dos siglos.

La presencia de la comunidad iriense hizo necesaria una ampliación y reorganización del *locus* con el fin de proporcionarle la entidad propia de un centro episcopal. Dicha reforma fue puesta en marcha por el obispo Sisnando I que, entre el 880 y el 920, creó la *magna Congregatio Beati Iacobi* (López Alsina 1990). Con esta iniciativa se pretendía dotar a la villa de Santiago de unas infraestructuras capaces de satisfacer las necesidades penitenciales de sus clérigos mediante la vida monacal. Así, los clérigos *maiores* fueron destinados a Antealtares, los *secundi* y *equales* al nuevo monasterio de San Esteban o de la Corticela, los *minores* a San Félix de Lovio —situado extramuros en dirección este— y para los pobres se creó un edificio junto a una de las torres septentrio-

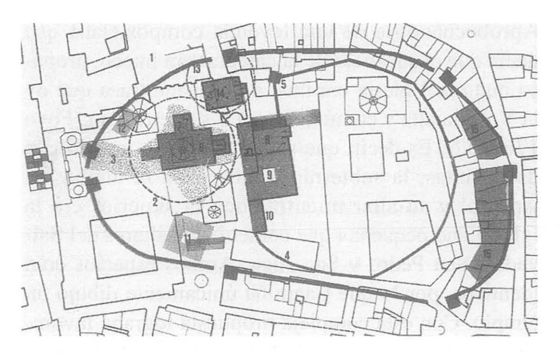


Figura 2

nales de la cerca del *locus* (López Alsina 1990, 1995). De estas edificaciones la única que interesó a Foyo fue Santa María de la Corticela, germen del monasterio de San Martín Pinario. Este templo se levantó al noreste de la basílica de Santiago, en el lugar que hoy ocupa la homónima capilla románica, construida en tiempos de Gelmírez. La falta de espacio provocó que las dependencias monásticas se desplazaran extramuros, al solar de Pinario. Entorno al año 1000, y a consecuencia de los destrozos provocados por la razzia de Almanzor, fue necesario reconstruir gran parte de los edificios de Compostela. Ante la incomodidad que suponía para estos monjes acceder a la Corticela para sus oficios diarios, se aprovechó para construir junto a sus habitaciones un pequeño oratorio dedicado a San Martín, cambiándose la advocación del monasterio (fig. 2. *Villa Sancti Iacobi* (900–1040) según López Alsina es la reconstrucción más aceptada en la actualidad (López Alsina 1988).

El carácter apologético del manuscrito condicionó los resultados de la reconstrucción de Caamiña, cuya finalidad era tanto proporcionar una idea de la imagen del *locus Sancti Iacobi* tal y como la concebía Foyo, como la de ofrecer un soporte visual que apoyase la hipótesis del bibliotecario. La vinculación entre el plano y el manuscrito es tan estrecha que todos los elementos reconstruídos son citados en el texto, por lo que el arquitecto contó con un estrecho margen de actuación. Su participación en el proyecto consistió en aportar su calidad como dibujante, siendo el fraile el verdadero ideólogo. Los edificios que protagonizan el plano son los citados hasta ahora: la basílica de Santiago, la iglesia y monasterio de Antealtares, el oratorio de San Juan Bautista y el monasterio y templo de la Corticela. La falta de datos empíricos arqueológicos, así como el desconocimiento de la arquitectura prerrománica asturiana, que todavía estaba por estudiar, hacen de este ejercicio un ejemplo de reconstrucción-ficción. No obstante, las estructuras arquitectónicas plasmadas por Caamiña no están exentas de lógica. Veamos cada caso.

Ya se comentó que el padre Foyo proponía la fusión de las basílicas de Antealtares y Santiago en un único templo. El arquitecto dibujó una iglesia (ABCDEF) con planta de cruz en la que resaltó los altares que según la documentación correspondían a cada basílica (fig. 3. Antonio Caamiña. Detalle de la basílica de Santiago-Antealtares.). En la cabecera situó el del Salvador (G), y a cada lado del presbiterio los altares de San Pedro (H) y San Juan (I). Su centro lo ocupa una gran cruz que indica el lugar de la tumba apostólica, mientras que la letra (G) también señala el lugar del altar de Santiago, que según el benedictino se hallaba en línea con el del Salvador, pero en el espacio subterráneo. La tipología cruciforme de la planta de

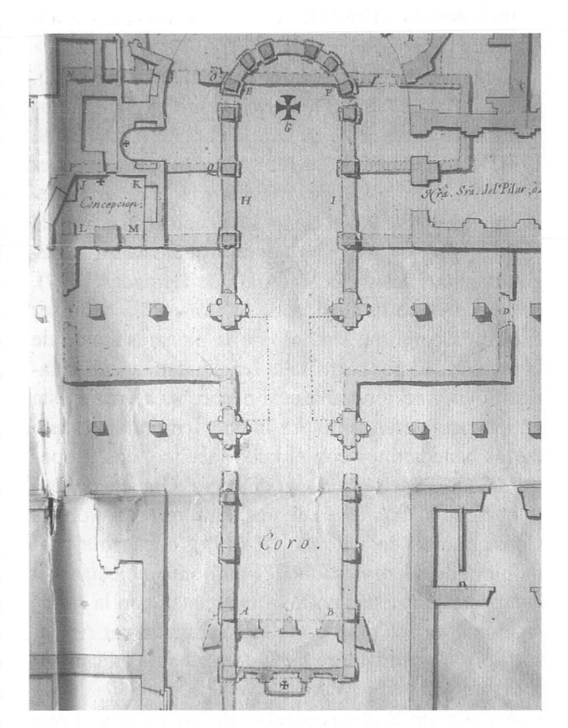


Figura 3

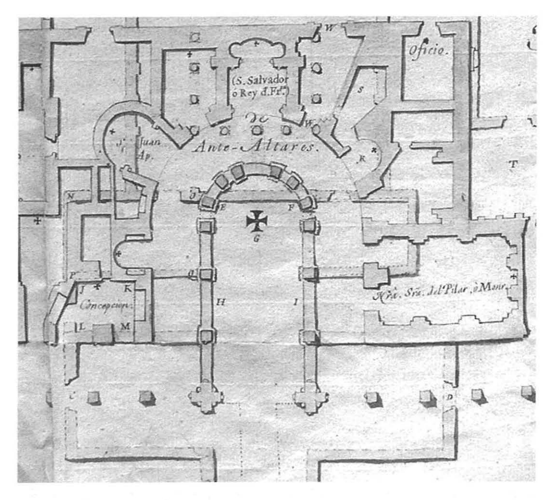


Figura 4

este templo se inspira en la de la propia catedral románica. Sus medidas se ajustan a la descripción que de este templo se dio en la *Historia Compostelana* (Falque Rey ed. 1994, lib. I cap. 78) cuyo primer autor todavía debió de verlo en pie, dejando una descripción muy exacta de sus dimensiones. Para ubicar y dibujar el oratorio o capilla de San Juan Bautista (JKLM) se sirvió de la orientación topográfica que se daba en el Acta de Consagración de Alfonso III: «Ostium de sinistro iuxtra oraculum baptistae et martyris Ioannis . . . In tumulo altaris sci. Ioannis, quod est sub tectu et constructu . . . latere sinistro ad Aquilonem» (López Ferreiro 1898, apénd.), estimando que su ubicación coincidiría con la de la capilla de la Concepción, pero adoptando una posición respecto a la basílica semejante a la de la capilla de San Andrés, esto es en el extremo nororiental del brazo norte del transepto (fig. 4. Antonio Caamiña. Detalle del oratorio de San Juan Bautista).

Caamiña gozó de mayor libertad a la hora de representar las dependencias monásticas de Antealtares (fig. 5. Antonio Caamiña. Detalle de la reconstrucción del monasterio de Antealtares). La Concordia, la *Historia Compostelana* y dos privilegios de 1147 y 1152 fueron las fuentes a partir de las cuales se ideó la reconstrucción del cenobio. Siguiendo las referencia de la Concordia, el arquitecto situó el monasterio al este de la iglesia apostólica, en el lugar que hoy ocupa la plaza de la Quintana.[7] Su dibujo propone un conjunto monumental con dos claustros en paralelo y profundamente imbricado con el templo del Apóstol. El claustro occidental se corresponde con el que, según la dicha fuente, había sido parcialmente derribado al iniciarse los trabajos para la nueva catedral románica.[8] Entorno a este patio situó dos de las principales dependencias de uso común en un cenobio. La única destacada es un recinto (NOPQ) situado en el ángulo noroccidental y que, según la anotación de Caamiña, se corresponde con el antiguo capítulo, comunicado con la capilla mayor del antiguo templo. En el lado sur dispuso simétricamente una estancia gemela que, tal vez, pudiera ser usada como sacristía. La otra habitación común es el refectorio, un aula rectangular que ocupa la panda norte de este claustro. En la panda sur se recrean unas estancias que bien podían acoger la bodega, la despensa u otros espacios de servicio. De entre éstos, Caamiña destaca una cámara (T) que, según el padre Foyo, era la vieja iglesia u oratorio de los monjes que, como dice la Concordia, había sido demolido.[9]

La reconstrucción del área más occidental del monasterio no puede comprenderse sin tener presente lo acordado por el obispo Peláez y el abad Fagildo en la Concordia. En ella se establece el usufructo de las limosnas recogidas en los antiguos altares de la iglesia del Salvador, propiedad de los monjes, que habían sido asimilados por la catedral románica. Recientes estudios han demostrado que la cabecera catedralicia

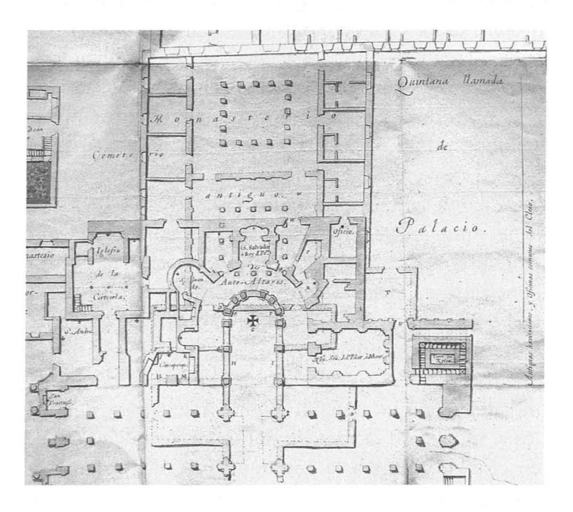


Figura 5

era un espacio monacal (Nodar 2004) y la Concordia recoge la repartición de este espacio y el acuerdo por el cual los monjes contaban con un acceso directo a él (Zepedano 1870, apénd.). El plano recoge las hipótesis de Foyo a la hora de establecer el punto de conexión entre las dependencias monásticas y el templo románico. Más sencilla resulta la lectura del claustro nuevo o segundo claustro de los monjes.[10] Gracias a los datos topográficos que ilustran la huida de Gelmírez durante la revuelta de la ciudad en la *Historia Compostelana,* sabemos que en 1117 Antealtares contaba con dos espacios claustrales (Falque Rey ed. lib. I, cap. 114–116). Caamiña interpreta el claustro oriental como complementario del anterior y, por tanto, como estructuras coetáneas. Si en el claustro occidental encontrábamos el refectorio y el capítulo, aquí el benedictino representa el dormitorio monástico. Así lo indica la presencia de tres celdas en la panda sur, con espacio suficiente para albergar dormitorio, estudio y letrina. El hecho de que en el claustro occidental, aparezcan el comedor y la sala capitular nos hace sospechar que el benedictino representa la planta principal del conjunto, por lo que no deja de sorprendernos que en el claustro este las celdas se dispongan en la planta baja y no en el primer piso, como era habitual. Las habitaciones de la panda norte, cuya función no se aclara, completarían el conjunto, que reúne aquellas dependencias comunes y de servicio que debían tener los cenobios benedictinos, a saber, dormitorio, refectorio y despensa.

Atendiendo a la presencia de las dependencias propias de la vida común monástica, así como de espacios creados como consecuencia de la erección de la catedral románica, se podría pensar que Caamiña recrea la imagen que tendría el monasterio entre la segunda mitad del siglo XI y las primeras décadas del XII. Sin embargo, el arquitecto actúa bajo la tutela de Foyo quien, apoyándose en Yepes (1610) y en la lectura literal de la Concordia, consideraba que Antealtares era, desde el origen, un monasterio de benedictinos (López Ferreiro 1960). Ya se señaló que demostrar la antigüedad de la presencia de la Orden en Compostela era uno de los objetivos de su manuscrito, por lo que el autor aprovechó la oportunidad de crear un potente soporte visual para su hipótesis, recreando la imagen del monasterio construido en el siglo IX para la comunidad de Ildefredo. Esta hipótesis también puede sustentarse en la ausencia de la iglesia monástica construida por el abad Fagildo aproximadamente entre 1074 y 1075. Llaman la atención las dimensiones con que Caamiña dota al conjunto. No sólo por ser excesivas para los siglos en que nos movemos, sino porque, de ser reales, el monasterio carecería de un terreno destinado al abastecimiento de la comunidad, y porque la muralla que citan los documentos invadiría el espacio de la basílica. Una posible explicación a la morfología y tamaño de Antealtares, es que se trate de un reflejo de la importancia que, según Foyo, tuvo esta comunidad en los primeros siglos de andadura de la sede compostelana, enfatizada en un edificio directamente inspirado en la planimetría de la principal casa benedictina de Galicia, San Martín Pinario, a la que nuestros autores estaban vinculados.

En la reconstrucción del templo y monasterio de la Corticela, Caamiña respetó la planta del pequeño templo románico, tal y como se conservaba en su tiempo —de ahí que esté representado en tinta roja—, adosándole al norte las dependencias monásticas (fig. 6. Antonio Caamiña. Detalle del monasterio de la Corticela.). Aunque se intentó aprovechar al máximo el espacio de papel restante, la reconstrucción de este pequeño cenobio es parcial. Por eso solamente podemos distinguir con claridad el claustro, cuyas arquerías se apoyan sobre columnas. Las dependencias

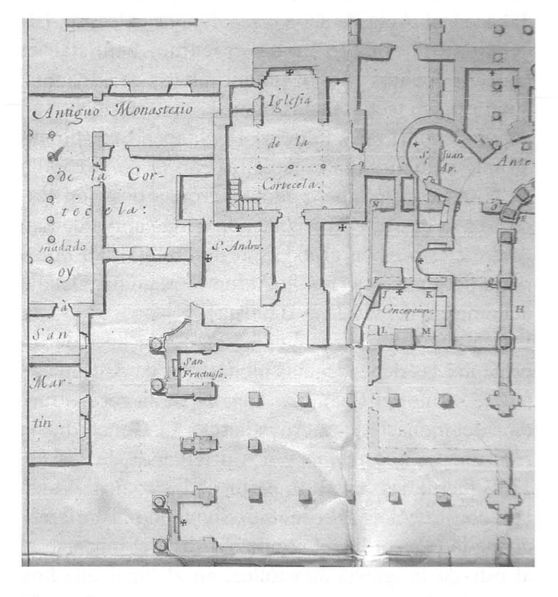


Figura 6

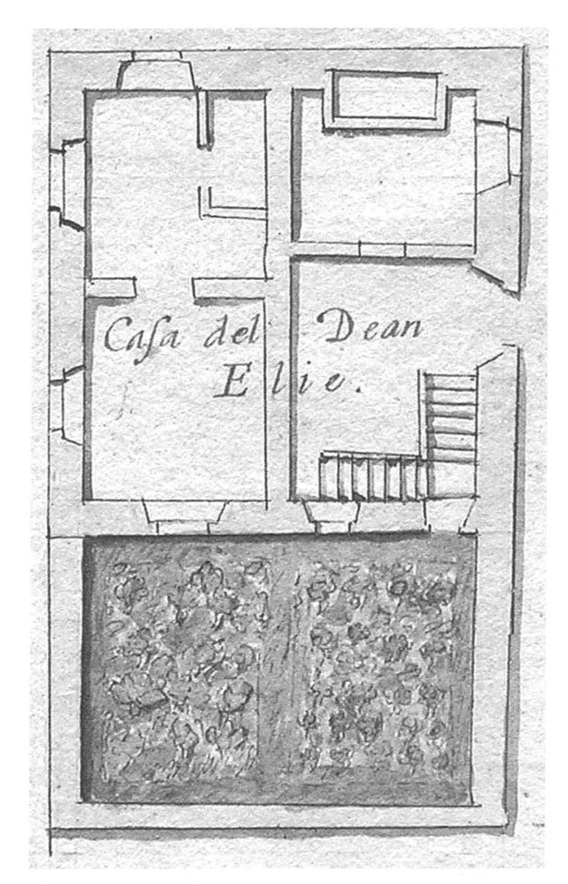


Figura 7

yuxtapuestas a la iglesia podrían ser una sacristía, rectangular, y el capítulo, tal y como indican su proximidad al templo y los armarios representados en el muro occidental. No obstante, se trata de meras hipótesis puesto que el arquitecto no dejó ninguna referencia a cerca de su función. Sí resaltó, sin embargo, su vinculación directa con la casa de Pinario. La reconstrucción de estas dependencias es completamente ficticia ya que no se conservan noticias sobre el aspecto de este conjunto, y ya se señaló que lo más plausible era que el cenobio se construyese extramuros desde un principio (López Alsina 1990).

Además de estas estructuras principales, se dibujaron otros edificios y espacios cuya existencia quedó registrada en las fuentes medievales y que también fueron citados en el discurso de Foyo. Tal es el caso de la casa del deán Pedro Elías, un edificio que la comunidad de Antealtares había arrendado al deán y que no había sido devuelto una vez que éste fue nombrado arzobispo (fig. 7. Antonio Caamiña. Detalle con la reconstrucción de la casa del deán Pedro Elías). El autor trajo a colación este hecho como ejemplo del mal trato que los monjes de Antealtares recibieron durante el siglo XII, momento en que fueron totalmente desvinculados del culto jacobeo. Otro conjunto que apenas sí aparece señalado en el plano de Caamiña, a pesar de tratarse de uno de los asuntos que más interesó al autor del manuscrito, son las «Antiguas havitaciones y oficinas comunes del clero» (fig. 8. Antonio Caamiña. Detalle de la ubicación de las casas del clero). Con este nombre se denomina a las estancias destinadas a la vida y desarrollo de las funciones cotidianas de los canónigos de Composte-

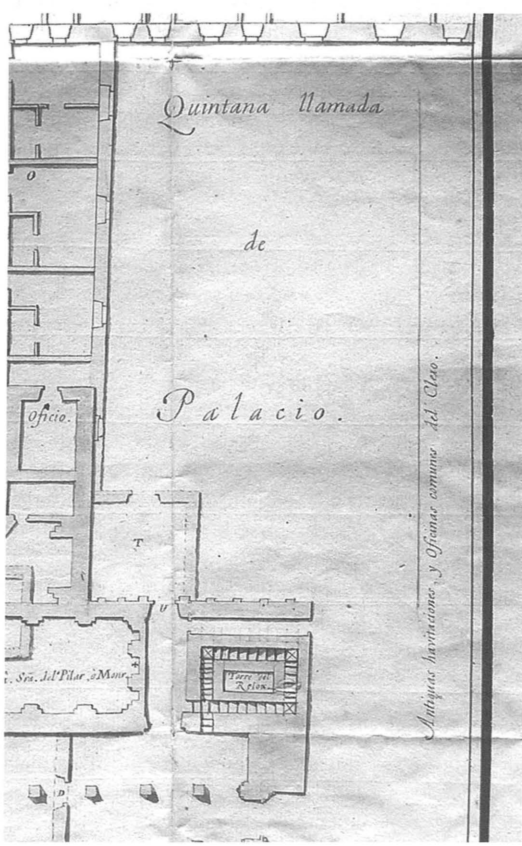


Figura 8

la. Ya se comentó que la comunidad de Ildefredo creada por Alfonso II para celebrar el culto *supra corpus apostoli* era la piedra angular del discurso de Foyo. Por este motivo trató de minimizar la presencia de los clérigos de Iria en Santiago. El benedictino no negaba la presencia en Compostela de obispos y miembros del cabildo iriense tras el hallazgo del sepulcro apostólico,[11] pero su interpretación de la «dote del rey Casto» le llevó a apuntar que vivirían en calidad de huéspedes de los monjes de Antealtares.[12] Asimismo, se afanó en subrayar el carácter provisional de este traslado, resaltando que el prelado y su clero regresaba con frecuencia a Iria, cabeza oficial de la sede, para celebrar las fiestas litúrgicas más relevantes. Aunque tampoco se han hallado restos arqueológicos de estas construcciones, las noticias conservadas apuntan a que se encontraban en el lado sur de la basílica, próximas al palacio episcopal. Caamiña, sin embargo, las situa en el lugar ocupado por la hoy conocida popularmente como Casa de la Canónica construída a principios del XVIII por Domingo de Andrade y Fernando de Casas. En un espacio que, además se queda fuera del marco espacial de su plano, minimizándose así la presencia del clero compostelano en la reconstrucción.

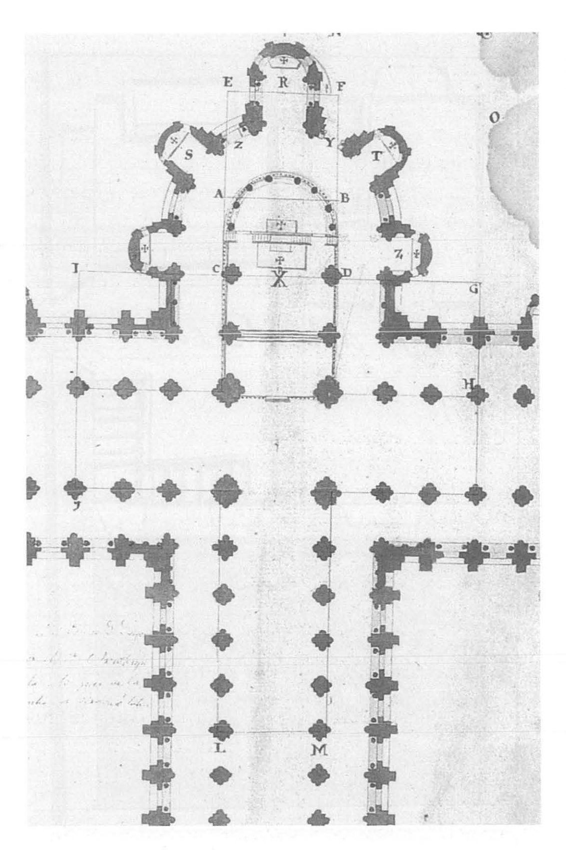


Figura 9

La lectura del cabildo compostelano: la reconstrucción de Miguel Ferro Caaveiro (1794)

La respuesta del cabildo compostelano a la provocación que suponía el dibujo de Caamiña tardó todavía veintiseis años. En 1794, Miguel Ferro Caaveiro, maestro de obras de la catedral compostelana, realizó la primera reconstrucción planimétrica del templo románico de Santiago (fig. 9. Archivo de la Catedral de Santiago de Compostela. Detalle de la reconstrucción de la catedral románica de Santiago. Miguel Ferro Caaveiro, 1794.). Junto al dibujo de la catedral, esbozó una somera recreación de la planta de la basílica de Alfonso II y de la iglesia monástica de Antealtares, ahora representada como un templo independiente. La tipología que Ferro Caaveiro adopta para la planta de la basílica evidencia su conocimiento del dibujo realizado casi treinta años antes por Caamiña, sin embargo, propone una nueva solución para la cabecera y para el templo de Antealtares. En primer lugar, resalta «el lugar subterráneo donde están los arcos de mármol, i devajo de ellos el cuerpo i sepulcro del glorioso Santo Apóstol i los de sus discípulos San Athanasio y San Theodoro . . . » (ABCD), señalándolo, no con una cruz como había hecho nuestro arquitecto, sino delimitando la cabecera del templo prerrománico. La basílica de Alfonso II (EFGHIJLM) comparte la misma planta de cruz latina que veíamos en nuestro dibujo y, como había hecho Foyo en su escrito, también consideró que Alfonso III había respetado la morfología y dimensiones del edificio precedente. La novedad más llamativa respecto al plano del benedictino es su afán por resaltar cuál fue el espacio destruido en la razzia de Almanzor y el modo en que relaciona la restauración realizada por San Pedro de Mezonzo con las obras del templo románico iniciadas por Diego Peláez en 1078, según se creía entonces.[13]

El templo de Antealtares (EAFB) es representado como una capilla —éste es el término que emplea el

autor— cuadrangular, que albergaría los altares de San Juan Evangelista, San Pedro y el Salvador, que daba nombre a esta iglesia. La modestia de su tamaño frente a la basílica de Santiago contradice deliberadamente la información de la Concordia, que adjudicaba a la iglesia de Antealtares el calificativo de *non modicam*. La diferencia de carácter de esta reconstrucción respecto a la de Caamiña responde claramente a los intereses del promotor del dibujo: el cabildo compostelano. El oratorio de San Juan Bautista (DGDH) es representado como un espacio cuadrangular que se adosa al ángulo de intersección de la cabecera y el brazo derecho del templo, variando su ubicación respecto al templo. Desconocemos qué o quién pudo alentar a Ferro Caaveiro a proceder de este modo pues, como vimos, la indicación de los documentos que ubicaba esta estructura *ad Aquilonem* resultó ser correcta.

La antagónica perspectiva desde la que se aborda la segunda reconstrucción propicia que el orden de los factores conjugados se altere con el fin de variar el resultado final y convertir a la iglesia de Santiago en protagonista absoluta del conjunto. Ninguna de las dos reconstrucciones puede ser considerada imparcial, respondiendo, en ambos casos, a los intereses de sus respectivos patrocinadores. Mientras Foyo encaminaba sus esfuerzos a resaltar la preeminencia de los benedictinos en los orígenes del culto jacobeo, vinculándolos de manera directa con el mausoleo apostólico, el cabildo destacaba la primacía de su institución, desvinculando físicamente a los monjes de Antealtares de la iglesia de Santiago. Frente a la elaborada reconstrucción arquitectónica realizada por Caamiña del complejo jacobeo, Ferro Caaveiro se concentra en la reconstrucción de la catedral románica. No obstante, el arquitecto no renuncia a señalar el lugar en que, según él, se encontraban aquellos altares y edificios adyacentes a la basílica asturiana. Así, resalta la nueva ubicación de los altares de los monjes en la cabecera de la catedral (RSTV), el área en que se encontraban el monasterio e iglesia de la Corticela (EPQ), la situación del recinto monástico de Antealtares (NO) e, incluso, las puertas de comunicación entre este cenobio y el templo románico (YZ), coincidiendo con Caamiña en que la puerta santa (Y) habría sido empleada para este fin. Comparando ambas hipótesis, no nos cabe la menor duda de que Ferro Caaveiro y el cabildo de Santiago conocieron el trabajo de Caamiña y, a pesar de que replantear su dibujo no era la finalidad de su trabajo, no desaprovecharon la oportunidad de esbozar su propia interpretación.

Conclusiones

El plano realizado por Caamiña es el primer intento de reconstrucción de un conjunto arquitectónico realizado en Galicia. A pesar de no haber nacido con una intención histórico-artística, sí forma parte de un proyecto histórico, siendo un ejemplo temprano de Historia de la Arquitectura. La base historiográfica de la cual se parte dista mucho de poder ser considerada rigurosa y científica pero, incluso integrando un discurso de tipo apologético, es un modelo de cómo las fuentes escritas pueden servir como base para la Historia del Arte y de la Arquitectura. La hipótesis de Foyo y su ilustración entroncan, modestamente, con la corriente historiográfica iniciada con la reconstrucción del templo de Jerusalén de Juan Bautista Villalpando, basada en una erudita revisión de las fuentes escritas que hicieron alusión al Templo. La comparación de la reconstrucción de Caamiña con la hipótesis de Miguel Ferro Caaveiro pone de manifiesto las múltiples interpretaciones que pueden tener los datos arquitectónicos descritos cuando se carece de datos empíricos que los confirmen o complementen, y lo vulnerables que pueden llegar a ser a las manipulaciones tendenciosas o bienintencionadas. El trabajo de nuestros benedictinos dista mucho de las reconstrucciones científicas más actuales del *locus sancto* de Santiago. Sin embargo, y aunque no pueda ser tenido en cuenta como un documento válido, es justo reconocer su valor como uno de los primeros trabajos de vocación científica de la historiografía artística gallega.

Notas

1. El título completo es *Ensayo de Dissertación Histórica sobre la Iglesia, Silla Episcopal, Ministros y Cabildo de Santiago en sus tiempos primitivos, esto es del 812 a mediado el siglo XII.* Actualmente se conservan dos ejemplares de este manuscrito, uno completo que carece del plano, custodiado en el Archivo de la Catedral de Santiago (A.C.S., M. 10) y una copia incompleta guardada en la Biblioteca Xeral de la Universidad de Santiago (B.X.U.S., Ms. 78) pero ilustrada por la planta de Caamiña.

2. Foyo (1768) a partir del ejemplar del A.C.S., M. 10.
3. Además de las citadas en el prefacio Foyo empleó obras de Ambrosio de Morales (1765), Huerta (1735), Gándara (1678), los *Decretos* Graciano, Binio (1618), Sáenz de Aguirre (1686), Sandoval (1615), Lobera (1596), Fleury (1737), Baronio (1617), Berganza (1719), las *Actas Sanctorum* de los bolandistas (1685), la *Sicilia Sacra* de Roque Puriho (1735), escritos de Diego Estefanía (1724), Macri (1677) y Curpero (1729), y el *Glosarium* de Du Cange (1688).
4. Hemos tomado la traducción realizada por Zepedano (1870), que fue el primero en publicar y difundir este documento.
5. «ob honorem eius ecclesiam construi iussimus et Iriensem sedem cum eodem loco sancto coniunximus» (Lucas Álvarez 1998, 50)
6. La primera referencia explícita a la existencia de un *palatium* en el *locus Sancti Iacobi* se remonta al año 912, y se halla en la donación del obispo Sisnando I al monasterio de Pinario. No obstante, otras referencias documentales de los siglos IX y X aluden tanto a la presencia de prelados como de clérigos en la sede compostelana. (López Alsina 1988, 143; López Alsina 2004)
7. «y separándoles por su carta de donación un lugar delante de los mismos altares hacia la parte de Oriente, en el cual construyesen claustro y oficinas según la regla de S. Benito». Traducción de la Concordia según Zepedano (1870). Guerra Campos (1982) destacó la exactitud de la alineación de los muros del cierre septentrional del monasterio en la recreación de Caamiña, a pesar de la inexactitud de la reconstrucción el templo.
8. «Cuyo Obispo queriendo construir la Iglesia de Santiago con muros o paredes de piedra y de sillería, designó para ella tan grande espacio que hubiese de contener dentro de sí dichos altares con sus capillas, y además una parte del Claustro de los monjes». (Zepedano 1870)
9. «Con el pretexto de engrandecer la Yglesia dio en el suelo con los tres Altares en que se cumplían los Monges con su ministerio, con una parte del Claustro y con la iglesia o Oratorio que los Monges tenían pegado a la Yglesia mayor, aparentemente para sus particulares ejercicios.» (Foyo 1768)
10. La denominación de claustro nuevo la tomamos prestada de López Alsina (1988), quien con buen criterio supone que la existencia de dos claustros, registrada en la *Historia Compostelana* (Falque Rey ed. Lib I, cap. 116), se debe a la necesidad de levantar un nuevo patio tras la destrucción parcial del anterior.
11. «No pretendo negar que los Obispo Yrienses hiciesen su residencia en Compostela por más largos y más breves espacios de tiempo . . . ». (Foyo 1768)
12. «Confieso que fundado en estas consideraciones, tengo dificultad en creer que se hayan edificado Casas para el Obispo separadas del Monasterio; principalmente quando el Casto havía sido educado en Valpuesta, Monasterio de Benedictinos, cuio Abad era Obispo al mismo tiempo, sin hablar de otros . . . ». (Foyo 1768)
13. Mientras Foyo defendía que las obras de la catedral debían de haber dado comienzo antes de que se firmase la Concordia de Antealtares en el año 1077, Ferro Caaveiro retoma la fecha de 1078, que se creía era el año grabado en la portada sur de la catedral. Así se interpretó en el Códice Calixtino y pervivió durante siglos en la tradición. Pero esta lectura era errónea, siendo la correcta 1141, de manera que la fecha indicada en Platerías es 1103, año en que Gelmírez habría dado inicio a las obras del brazo sur.

Lista de referencias

Andrade Cernadas, J. M. 1997. *El monacato benedictino y la sociedad de la Galicia medieval (siglos X al XIII).* A Coruña: Publicacións do Seminario de Estudios Galegos, Edicións do Castro.

Argaiz, fr. Gregorio 1663. *Población Eclesiástica de España y noticia de sus primeras honras, continuada en los escritos y Chronicón de Hauberto, monge de San Benito* . . . Madrid: Imprenta Real.

Baronio, C. 1617. *Annales ecclesiastici ex XII tomis Caesaris Baronii S.R.E. Presb. Card. Bibliothecarii Apostolici, in epitomen redacti.* Lutetiae Parisiorum. Sumptibus Dionysii de la Louë . . .

Berganza 1719. *Antigüedades de España, propugnadas en las noticias de sus reyes, y condes de Castilla la Vieja: en la historia apologética de Rodrigo Díaz de Vivar dicho el Cid Campeador y en la Corónica del Real Monasterio de Cardeña.* Madrid: Francisco del Hierro.

Binio, S. 1618. *Concilia generalia et provincialia graece et latina quaecumque reperiri potrerum, item epistolae decretales et romanor. pontic. Vitae . . . ,* S. Binii, Coloniae Agrippinae: sumptibus Antonij Hierati, sub signo Gryphi.

Castellá Ferrer, M. [1610] 2000. *Historia del Apóstol de Iesus Christo Sanctiago Zebedeo, Patrón y Capitán General de las Españas.* Madrid: Oficina de Alonso Martín de Balboa Facs. Ed. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, Xerencia de promoción do Camiño de Santiago.

Cuperus, G. 1719. *Acta S. Iacobi Majoris Apostoli atque Martyris, Hispaniarum patroni, Compostellae in Gallaecia fraquentíssimo Fidelium concursu pie celebrati, quae Collegit, digessit, vindiciis ac observationibus illustravit,* . . . Antuerpiae: Apud Jacobum du Moulin.

Du Cange, Ch. Du Fresne 1688. *Glossarium ad scriptores mediae et infimae graecitatis,* con el apéndice *Glossarium mediae et infimae Latinitatis.* Lyon.

Estefanía, D. 1724. *Apología por el Real Monaterio de San Millán de la Cogolla . . . ,* Manuscrito

Falque Rey, E. ed. 1994. *Historia Compostelana.* Madrid: Akal, Clásicos Latinos Medievales.

Fleury, C. 1737. *Las costumbres de los christianos. Escritas en francés por el mui ilustre señor Claudio Fleuri . . . Traducidas enl español por Don Manuel Martínez Pingarrón.* Madrid: Juan de Zúñiga.

Foyo, fr. Bernardo 1768. *Ensayo de Dissertación Histórica sobre la Iglesia, Silla Episcopal, Ministros y Cabildo de Santiago en los tiempos primitivos, esto es desde el año 812 hasta mediado el siglo XII.*

Flórez, E. 1765a. *Estado antiguo de la Iglesia Iriense, y Compostelana, hasta su primer Arzobispo. Vol 19 España Sagrada.* Madrid: Antonio Marín.

Flórez E. 1765b. *Historia Compostela. Vol 20 España Sagrada.* Madrid: Imprenta de la Viuda de Eliseo Sánchez.

Gándara, F. 1678. *El Cisne Occidental canta las palmas y triunfos eclesiásticos del Reino de Galicia.* En Madrid, por Julián de Paredes.

Guerra Campos, J. 1982. *Exploraciones arqueológicas entorno al sepulcro del Apóstol Santiago.* Santiago de Compostela.

Hensenio, G y Papebrochio, D. 1685: *Acta Sanctorum . . . ,* Antuerpiae.

Huerta, F. 1733. *Anales del Reyno de Galicia.* Santiago. Imprenta de D. Andrés Fraiz.

Lobera, A. 1596. *Historia de las Grandezas de la muy antigua e Insigne ciudad e Iglesia de León y de su obispo y Patrón sant Froylan . . .* Valladolid: Impresor del Rey.

López Alsina, F. 1988. *La ciudad de Santiago de Compostela en la Alta Edad Media.* Santiago de Compostela: Ayuntamiento de Santiago de Compostela, Centro de Estudios Jacobeos Museo de las Peregrinaciones.

López Alsina, F. 1990. De la *magna congregatio* al cabildo de Santiago: reformas del clero catedralicio (830–1110). En *Actas del IX Centenario da Dedicaçao da Sé de Braga. Vol I.* Braga.

López Alsina, F. 1995. Implantación urbana de la catedral románica de Santiago de Compostela (1070–1115). *La meta del Camino de Santiago. La transformación de la catedral a través de los tiempos.* Santiago: Xunta de Galicia, Consellería de Cultura, Dirección Xeral de Promoción Cultural do Camiño de Santiago.

López Alsina, F. 2004. De Santa Eulalia de Iria Flavia a Santiago de Padrón: la transformación medieval. En *Escritos dedicados a José María Fernández Catón.* León: Centro de Estudios e Investigación «San Isidoro», Caja España de Inversiones y Archivo Histórico Diocesano de León.

López Ferreiro, A. 1898. *Historia de la Santa A.M. Iglesia de Santiago de Compostela. Vol I.* Santiago: Imprenta y Encuadernación del Seminario Conciliar Central.

López Ferreiro, A. 1960. Apuntes históricos sobre el Monasterio de San Pelayo de Antealtares de la ciudad de Santiago. *Compostellanum.* Vol. 5. nº 2: 316–361.

Lucas Álvarez, M. ed. 1998. *El Tumbo A de la catedral de Santiago.* Santiago: Cabildo de la S.A.M.I. Catedral, Centro de Estudios Galegos.

Macri, D. 1677. *Hierolexicon, sive Sacrum Dictionarium in quo ecclesiasticae voces, easumque etymologie, origines, etc. et SS.PP. pharases obscurae elucidantur . . . ,* Roma: Ex. Offic. Bernardoniano.

Morales, A. [1574] 1765. *Viaje de Ambrosio de Morales por orden del Rey D. Felipe II a los reynos de León y Galicia y Principado de Asturias. Para conocer las Reliquias de Santos, Sepulcros Reales y Manuscritos de las Cathedrales y Monasterios.* Enrique Flórez.

Nodar Fernández, V. 2004. *Los inicios de la catedral románica de Santiago: el ambicioso programa iconográfico de Diego Peláez.* Santiago: Xunta de Galicia.

Puriho, R. 1735. *Notitiae Schilien sinum Aecclesiar Auctori Abbate Vetino: cura et stud. D. Antonini Mongitore, et sar. Addit. Simulque notit Abatirá Ordinis S. Bened. Auctore P. Domino Vito Maria amico.* Panormi.

Rey Castelao, O. 2003. *Libros y lectura en Galicia. Siglos XVI-XIX.* Santiago: Xunta de Galicia.

Saénz de Aguirre, J. 1686. *Notitia conciliorum Hispaniae . . .* Salamanca: Lucas Pérez, Tipógrafo.

Sandoval, P. 1615. *Historias de Idacio obispo que escrivió poco antes que España se perdiese, de Isidoro obispo de Badajoz . . . , de Sebastiano obispo de Salamanca . . . , de Sampiro obispo de Astorga . . . , de Pelagio obispo de Oviedo . . . : nunca hasta agora impressas, con otras tocantes a estas historias y reyes dellas.* Pamplona: Nicolás de Assiayn.

Suárez Otero, J. 2004. En los orígenes . . . En *La Gran Obra de los Caminos de Santiago, Iter Stellarum. Vol. I.* A Coruña.

Yepes, A. [1610] 1959. *Corónica General de la Orden de San Benito.* Irache: Nicolás de Assayn. Facs. Ed. Madrid: Ediciones Atlas.

Zepedano y Carnero, J. M. [1870] 1999. *Historia y descripción arqueológica de la Basílica Compostelana.* Lugo. Facs ed. Santiago de Compostela: Xerencia de Promoción do Camiño de Santiago.

De l'art de picapedrer (1653) de Joseph Gelabert, un manuscrito sobre estereotomía que recoge tradiciones góticas y renacentistas

Enrique Rabasa

Joseph Gelabert fue un maestro cantero de Palma de Mallorca, nacido al final del año 1621, que a los treinta y un años decide escribir un compendio de los conocimientos de la disciplina y oficio del corte de piedras, a la que él llama arte, como era habitual en la época.[1] Era hijo de otro maestro con el mismo nombre, que debió de contar con cierto prestigio en la ciudad. Conocemos estos datos personales porque así lo declara en el texto, pero no se sabe mucho más de él. Gambús (1989) explica que falleció catorce años después en un accidente laboral. Pero el manuscrito es una fuente excepcional de datos sobre los procedimientos del corte de piedras. Escrito con letra clara, con construcciones lingüísticas entendibles para cualquier catalano-parlante, su contenido técnico, sin embargo, no ha sido analizado hasta ahora, quizá por la dificultad intrínseca de la materia, la particularidad de la terminología, y, especialmente, por la necesidad, para su cabal entendimiento, de vincular los modos de hacer desarrollados con lo que conocemos de otros autores contemporáneos.

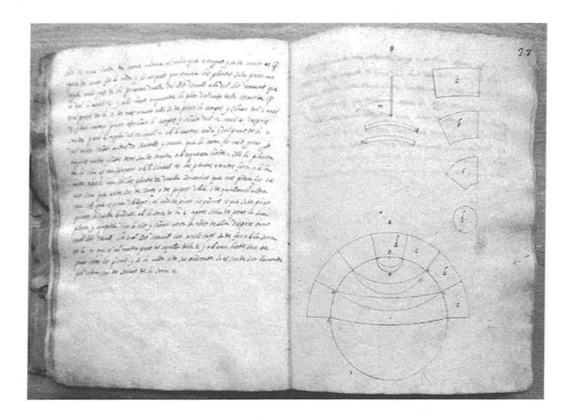


Figura 1
Manuscrito de Joseph Gelabert

Gelabert aprende con su padre el oficio, pero se preocupa en obtener información sobre los procedimientos que siguen otros maestros. Durante el periodo de su formación, que duraría cuatro años, coronada por un examen final, observó Gelabert que las opiniones acerca del modo de hacer las cosas eran demasiado diversas. En cierto momento, ya con alguna experiencia profesional, decide buscar «una regla segura» para cada uno de los aparejos, con la que «no hubiese peligro de engañarse». Y expone los resultados de esta búsqueda, conteniendo interesantes especulaciones sobre lo que está bien y mal hecho, en este *Vertaderas traçes del Art de picapedrer*. Muestra una especial inquietud por encontrar procedimientos correctos y no equivocados, y describe otras alternativas, disputas de la época y detalles de su investigación. Es muy singular su minuciosidad en la explicación de los procesos de talla de cada una de las piezas.

Esta actitud da lugar a un tratado interesantísimo en su discusión de los problemas constructivos y geométricos. Sin embargo, entendemos que poner en valor un texto de este tipo no significa ocultar o justi-

ficar los errores, que, por otra parte, todos los autores de ese momento cometen notoriamente. Al contrario, resulta enriquecedor conocer también en qué, y por qué, se apartan de las reflexiones que ahora parecerían más correctas o más razonables.

Gelabert no conoce los tratados publicados en Francia (Delorme 1567; Jousse 1642; Derand 1643) —tampoco los tratadistas en castellano Vandelvira (c.1580) y Martínez de Aranda (c.1600) mencionaban a Delorme—. Su información procede de su entorno inmediato. Pero podemos encontrar numerosas semejanzas entre la teoría de Gelabert y la cantería castellana y francesa, en los modos de proceder y en el léxico, especialmente en la resolución de aparejos de tipo renacentista.

Cantería gótica y renacentista

Podemos decir que la cantería gótica se caracterizaba por emplear procedimientos sencillos y estandarizados, buscando la eficacia constructiva. Las bóvedas son retículas de nervios, una articulación de elementos que es fácil coordinar en el trazado y cuya talla es fácil de entender y sistemática.

Por el contrario, la cantería renacentista francesa y española se propondrá construir en piedra las formas del nuevo estilo (en Italia resuelto con obra de albañilería), bóvedas que responden a la concepción de superficies esféricas, cilíndricas, cónicas, etc. y sus intersecciones y penetraciones. Especialmente los desarrollos de las superficies exigen una concepción distinta de aquella que reducía las bóvedas góticas a

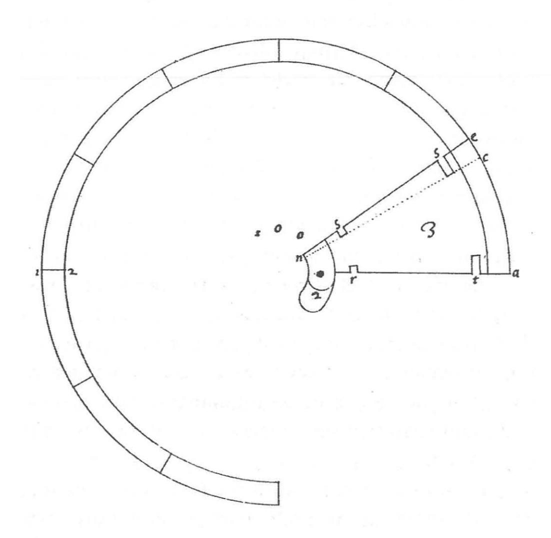


Figura 2
Caracol de Mallorca, fol. 32 del manuscrito de Gelabert

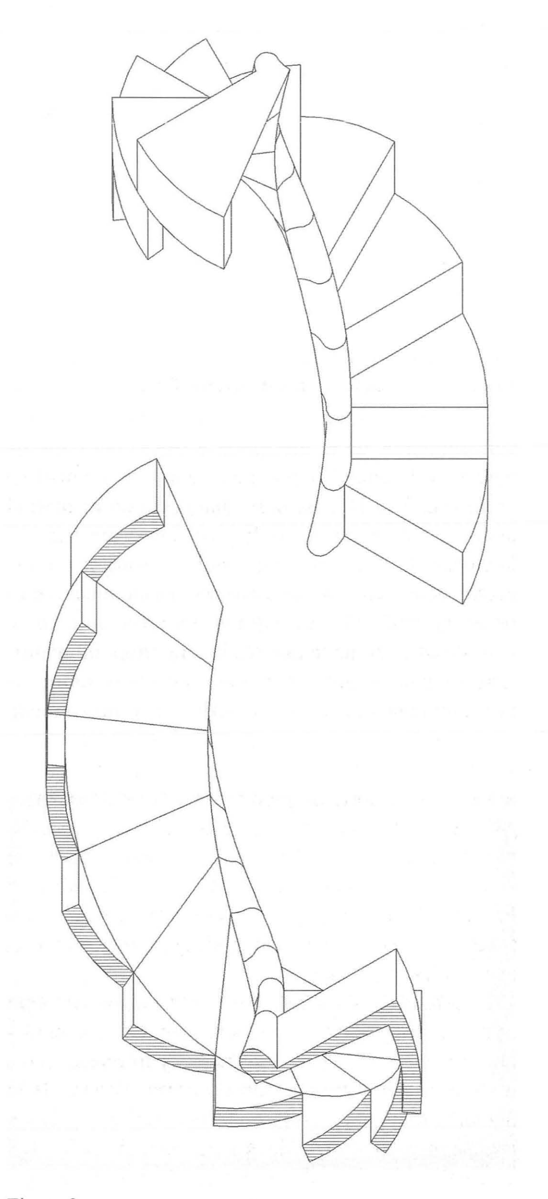


Figura 3
Perspectiva del caracol del fol. 32

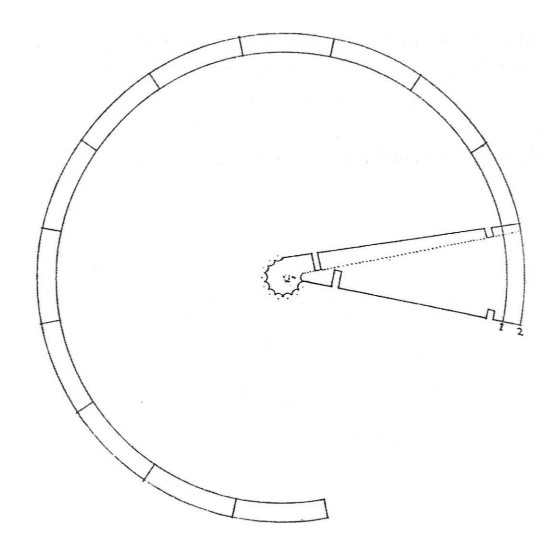


Figura 4
«Caragol qui lo boto fa pilar entorxat», fol. 31

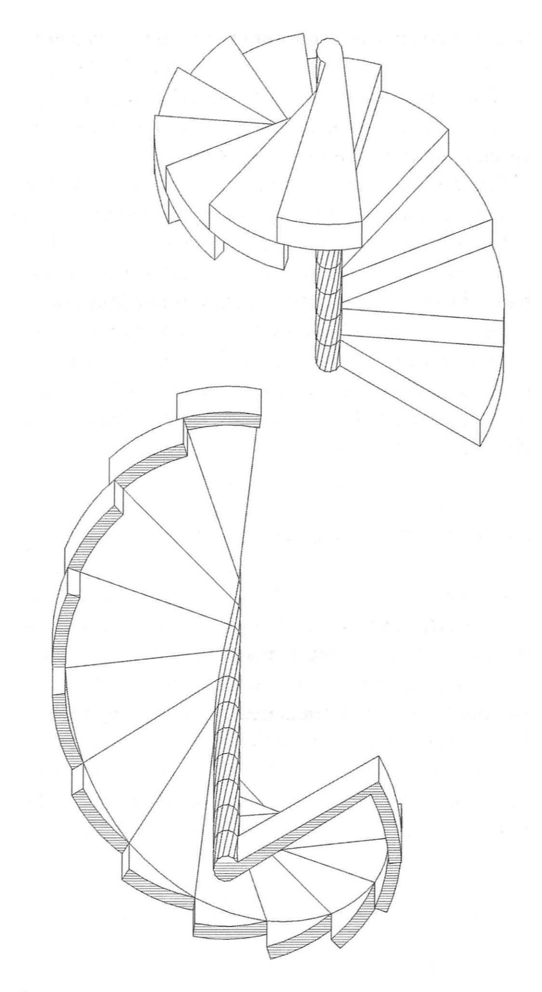


Figura 5
Perspectiva del caracol del fol. 31

elementos lineales. Supone, por tanto, la voluntad de abordar cada problema particular, aplicando sobre él la concepción abstracta de la geometría y sin miedo a la complejidad de cada caso. Eso dará lugar, en una evolución rápida, a la estereotomía moderna, e incluso al desarrollo de la geometría descriptiva.

Sin embargo, podemos hablar de un gótico mediterráneo (Zaragoza 2003) que conjuga las habilidades de algunos canteros llegados de Alemania, con cierta persistencia de la tradición romana, para tratar severa y brillantemente algunos tipos de aparejos. En el siglo XV el corte de piedras en la Corona de Aragón alcanza una calidad extraordinaria, que no podemos caracterizar simplemente como la búsqueda de soluciones eficaces. Por ejemplo, las bóvedas de Francesc Baldomar, aparentemente góticas, no presentan nervios, se despiezan sillares, es decir, con una técnica renacentista.

Pues bien, el tratado de Gelabert contiene una gran cantidad de aparejos en esta línea; en diversos modelos de arcos y bóvedas, capialzados y trompas, rectos u oblicuos, encontramos formas características de la tradición local. Pero también soluciones semejantes a las comunes en el resto de la península; así, la bóveda semiesférica por hiladas redondas, la media naranja, cuya explicación nos arroja luz sobre los procedimientos ya expuestos antes, aunque de manera algo más oscura, por Vandelvira. Por otra parte, es muy interesante el método que Gelabert emplea para tallar las piezas de una bóveda de arista, pues, al contrario de lo que ha sido habitual hasta el siglo XIX, no pasa por una escuadría previa, sino que emprende directamente la talla con el auxilio de una curiosa plantilla tridimensional.

Permanecen también aparejos y soluciones, que son, al menos formalmente, góticas. Habríamos de incluir entre ellas las escaleras de caracol, aunque este tipo se desarrolle brillantemente en la edad moderna, ya que responde bien, como se ha señalado muchas veces, a las características del gótico, en

cuanto que requiere la producción seriada de piezas iguales, su construcción no precisa de aparatosos medios auxiliares (la propia escalera es su andamiaje), y resuelve eficazmente en poco espacio la circulación vertical que requieren las grandes naves.

Gelabert describe el husillo convencional, de nabo o apoyo central, y enseña una manera ingeniosa de emplear una sola plantilla para su labra. A continuación aparece el llamado caracol de Mallorca, con hueco central (fig. 2, 3). Esta denominación era común también en la península, y, por lo que sabemos, el ejemplar de la Lonja de Palma, que Gelabert cita, es realmente el más antiguo de los conocidos. También encontramos en el manuscrito un caracol con dos subidas simultáneas, como el que hay en el convento de Santo Domingo de Valencia. Se muestra en otro capítulo un pilar entorchado, con estrías helicoidales, como los de las lonjas de Palma y Valencia; y otro de los caracoles del tratado presenta un apoyo central de este tipo (figs. 4, 5).

Evidentemente, las escaleras de caracol y los pilares entorchados comparten la concepción espacial de la línea helicoidal. La hélice es una línea compleja, alabeada, pero cuya realización práctica resulta extremadamente sencilla, pues bastará con envolver una banda plana sobre un cilindro para que su borde recto dibuje la curva. Caracoles helicoidales y pilares torsos aparecen con frecuencia en Palma, Valencia y Murcia entre el XV y el XVI.[2] Gelabert no sabe dibujar correctamente la proyección vertical, el alzado, de estas hélices, pero no le hace falta, porque, siguiendo la tradición canteril, no le interesa la traza como representación visual sino como herramienta de trabajo.

En cuanto a las cubriciones de los vanos, mantiene Gelabert los capialzados en su severidad levantina, como superficies regladas que acaban en un frente según un dintel horizontal y en el otro como arco escarzano, y explica cómo «antiguamente» se hacían de manera algo más torpe, tendiendo simplemente una superficie cilíndrica algo inclinada. Encontramos temas característicos de su entorno en estos detalles y otros, como su preocupación por la conciliación de portales de medio punto y los que llama «romanos» o adintelados, y muy especialmente los trazados de escaleras claustrales en ménsula, como las habituales en los patios catalanes y valencianos.

Mostrando una tradición local muy antigua, todos estos aparejos y soluciones llaman la atención en un momento tan avanzado, pero lo verdaderamente singular del tratado de Gelabert es su descripción minuciosa de dieciséis tipos de bóveda de crucería gótica.

Bóvedas de crucería

Es aquí donde podemos entretenernos en encontrar las pérdidas y transformaciones que la traza gótica sufre al pervivir hasta el siglo XVII. El tratado de Gelabert permite entender la tradición medieval a través de una fuente primaria, pero sin duda también muestra la distorsión del gótico fuera de su tiempo.

En efecto, además de este texto, sólo el de Simón García (1681), también del siglo XVII, que recoge escritos de Rodrigo Gil de Hontañón, nos describen la construcción de las bóvedas góticas. Y en este último es evidente la falta de comprensión del copista, que da lugar a una explicación ininteligible. Al hablar sobre las bóvedas de crucería, Philibert de L'Orme (1567, 108) afirmaba:

> . . . casi no podría decir más sin mostrar su resultado y su práctica. [. . .] es difícil explicarlo mejor si no es por obra y efecto, es decir, señalando a la vista cómo deben ser trazadas y ensambladas las piezas.

y, en efecto, de l'Orme no explica casi nada. El texto antes mencionado, atribuible a Rodrigo Gil (García 1682, 24), dice algo parecido:

> . . . estas cosas podrán ser difíciles de comprender faltando en quien las procura la experiencia de la práctica, la profesión de la cantería y la ejecución, o el haberse hallado presente en algunos cierres de crucería.

y parece que eso permite pasar deprisa por la descripción del momento del montaje, pero también omitir lo relativo a los trazados y la talla de las piezas.

Así que es evidente que, pese a su simplicidad de trazado, se consideraba que la traza gótica era un juego de coordinación de elementos difícilmente descriptible por el discurso. Pensemos que los trazados que han llegado hasta nosotros (pocas monteas, casi todos pequeñas trazas o rasguños en manuscritos), resuelven la bóveda de crucería con un dibujo sencillo de su planta, en el que cada nervio está resumido en una línea, y la elevación de cada uno de ellos por separado, con coordinación de sus alturas. La complejidad real, molduraciones, penetraciones de molduras y formas y detalles de la bóveda construida, no aparece en los dibujos, que son sólo una guía de directrices espaciales.

Por el contrario, la estereotomía renacentista exigirá la definición completa de cada una de las piezas, con expresión de su forma, plantillas, ángulos etc.

En este panorama es singular la descripción minuciosa de Gelabert. Pero detengámonos en los detalles y en su mayor o menor fidelidad a lo que conocemos acerca del diseño de los detalles de la bóveda de crucería.

Enjarje y claves

El enjarje, jarjas o jarjamento, es la zona del arranque en la que los nervios, saliendo verticalmente, antes de separarse, están tan juntos que sus molduras se intersecan en forma difícil de prever. En esta zona, y hasta que quedan separados e independientes, las piezas incluyen a todos los nervios; y el despiece se consigue cortando por lechos horizontales. Es, por tanto, como una continuación del pilar, hasta la zona en la que comienza la bóveda propiamente dicha, con su división en nervios y plementería.

Las piezas del enjarje se tallan con la sola guía del contorno de sus lechos superior e inferior (fig. 6). Y estos contornos se componen con las plantillas de los nervios, colocadas sobre esos planos horizontales en los lugares adecuados. Las plantillas de los nervios a colocar en los lechos horizontales del enjarje debieran ser secciones horizontales de esos nervios, distintas de las secciones por planos dirigidos a su centro que guiarán la talla de las dovelas. Sin embargo la diferencia es muy pequeña, y el hábito medieval es emplear las mismas plantillas de las dovelas para las juntas del enjarje, como se admite desde que lo describiera Willis (1842).

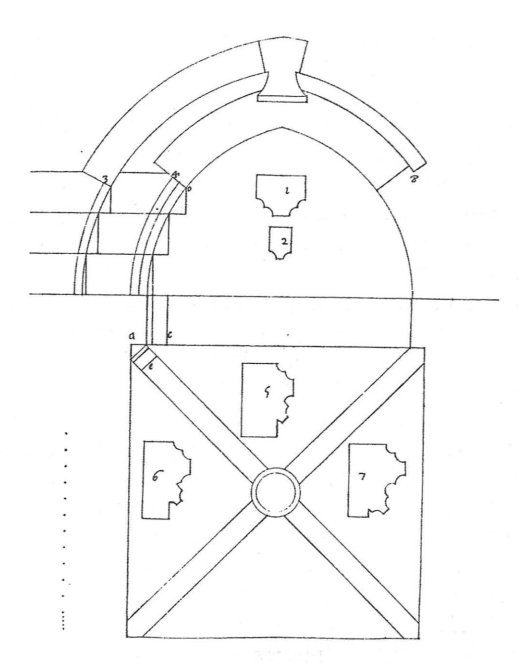


Figura 7
«Capella quadrade ab la qual sa demostra el modo de trasar la mellura alas plantas del enserjat», fol 118

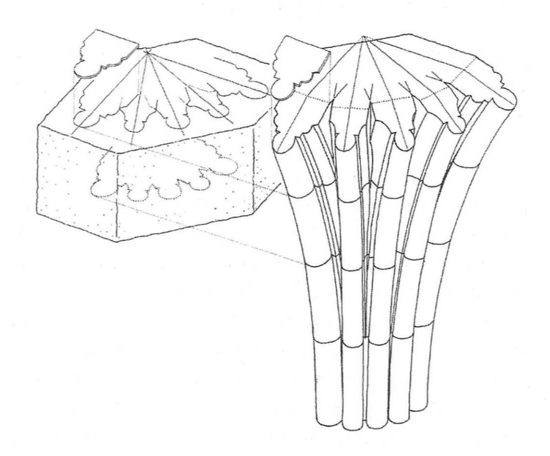


Figura 6
Talla de las piezas del enjarje

Así diseña Gelabert el *enserjat*, cortando por planos horizontales. Sin embargo, cuidadoso en todos los detalles, Gelabert observa la diferencia entre una sección horizontal y una inclinada del mismo nervio, y se ocupa en la realización de las plantillas alargadas que cada uno de los nervios precisa en cada uno de los niveles (fig. 7). El trabajo gráfico de alargamiento es incómodo, y la diferencia con el original es escasa, hasta el punto que Gelabert debe advertir que, en el primero de los niveles de corte, resulta imperceptible. En esto muestra un rigor que es poco medieval.

Otro lugar de intersección o encuentro de los nervios son las claves. La norma gótica hace las claves verticales, o, si la decoración de la tortera de remate ha de ofrecerse inclinada, al menos organizando la talla de la clave con las llegadas de los nervios alrededor de un eje vertical. Es lógico que así sea: si los

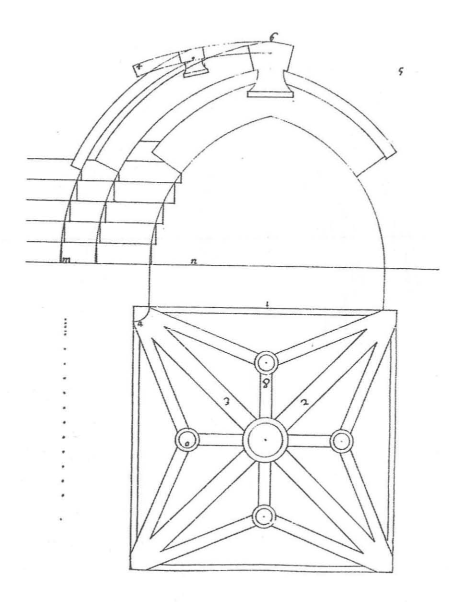


Figura 8
«Capella de sinch claus quadrade», fol 130

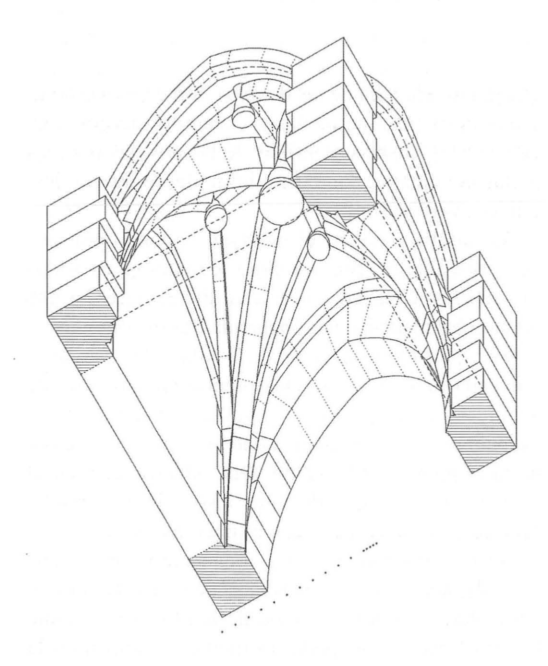


Figura 9
Perspectiva de la capilla del fol. 130

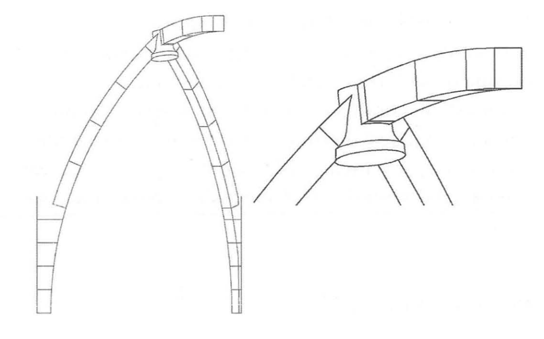


Figura 10
Encuentro del tercelete y la clave (a partir de los modelados de Yuka Irie)

nervios se desarrollan sobre planos verticales, su encuentro es un eje vertical.

Observemos en este punto las claves de Gelabert (figs. 8, 9). Evidentemente una clave central, cruce de los dos arcos ojivos, es siempre vertical. Hemos de acudir, pues, a las claves no centrales, aquellas que aparecen en el encuentro de los terceletes con las ligaduras (nervios de la sección longitudinal o transversal, que pasan por la clave central). Y encontramos entonces que esas claves están representadas, en la proyección vertical, como perpendiculares a la ligadura, no verticales. El nervio de ligadura y el tercelete están coordinados de manera que llegan, con su intradós, a un mismo punto del eje de la clave, señalado con una letra. Pero este eje está inclinado dirigiéndose al centro de la ligadura y no al centro del tercelete.

Esto complica las tareas de talla de la clave, que serían más sencillas si se pudieran medir los ángulos con respecto a un eje vertical. Obsérvese que la posición relativa del tercelete y la clave no queda correctamente representada, es decir, el ángulo que forma realmente el tercelete con el eje de la clave no es inmediatamente el que aparece en el dibujo.

Pero además da lugar a una anomalía que hemos encontrado en el modelado de la bóveda para su ilustración.[3] En efecto, se observó que, tomando las medidas del dibujo, el nervio tercelete llega a cortar de forma inconveniente a la tortera o disco inferior de remate decorativo de la clave (fig. 10). No es posible advertir este problema en el dibujo que Gelabert hace, precisamente porque la clave pertenece al alzado del nervio de ligadura, y no se ofrece su relación

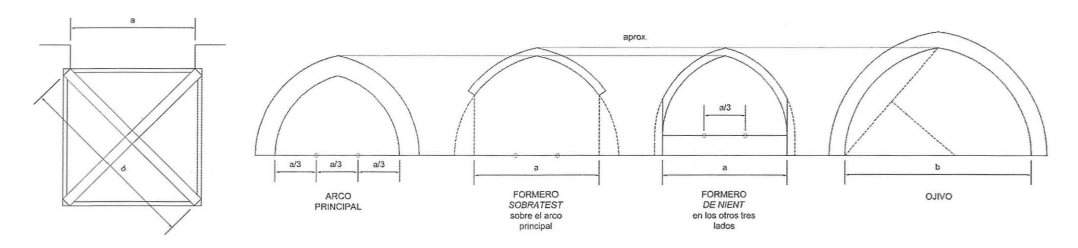


Figura 11
Esquema usual de los arcos de una bóveda con los cuatro formeros a nivel, según la descripción de Gelabert

espacial real con el tercelete. Al poner el tercelete, la ligadura y su clave común en un mismo plano, Gelabert ha realizado un abatimiento de ese diedro, habiendo de decidir a qué nervio pertenece el eje de la clave; si hubiera mantenido la clave con eje vertical, el abatimiento o apertura del diedro de planos verticales no habría ofrecido ninguna contradicción, y la relación de la clave con los dos nervios habría sido mostrada gráficamente con claridad.

Aquí la mentalidad moderna de Gelabert busca una decoración que es coherente con la superficie inclinada de la bóveda, en lugar de mantener la fidelidad a lo vertical que es característica del sistema gótico (y gracias a la cual puede constituirse en sistema). A diferencia de lo que ocurría con el enjarje, su modo de hacer no ha mejorado la concepción geométrica, pero se ha emprendido un camino más difícil y peligroso. En cualquier caso, las bóvedas de Gelabert son razonables y construibles, lo que no se podría decir de otros trazados de bóvedas de crucería en el siglo XVII.[4]

El texto de Gelabert ofrece además el comentario de una cierta disputa que era relativamente reciente en el momento que escribe. Pensemos en una bóveda de crucería sencilla cubriendo una capilla, con dos arcos ojivos o cruceros y cuatro arcos perimetrales, uno de los cuales es el de la entrada. Gelabert parte del supuesto de que los cuatro sectores de plementería deben apoyarse por un lado en los arcos cruceros y por el otro en formeros empotrados en la fábrica que sostiene la bóveda, tres de ellos sobre los muros, y el de la entrada sobre el arco que define ese ingreso. Al parecer, hasta cincuenta años antes, el arco del ingreso, o arco principal, estaba a igual nivel que los formeros de los otros tres lados, de manera que el formero montado sobre él quedaba más alto. Como consecuencia, dice Gelabert, ese casco o sector de plementería, capialzado, tendía a empujar hacia el fondo de la capilla. El cambio (operado, por tanto, ya en el siglo XVII), supuso peraltar los tres formeros hasta el nivel del de la entrada —horizontalizando en consecuencia la sección que llamamos rampante— (fig. 11). Y una novedad sólo veinte años anterior, que Gelabert defiende frente a otros pareceres más conservadores, consiste en reproducir el trazado del formero que va sobre el arco de ingreso también en los otros tres lados (fig. 12); el resul-

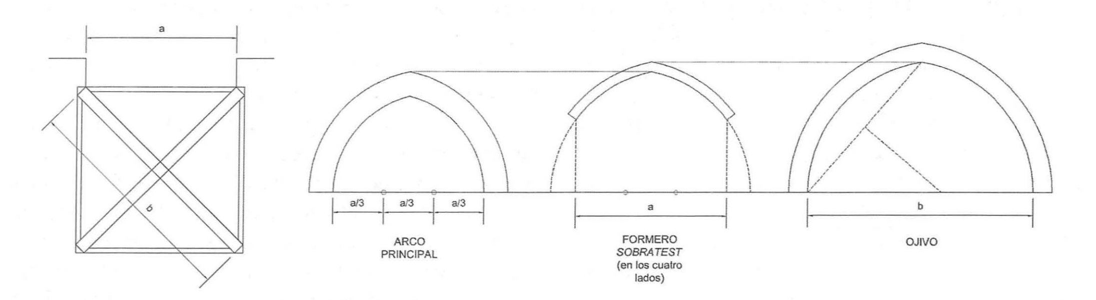


Figura 12
Esquema preferido por Gelabert

tado es que los cuatro arcos perimetrales arrancan bastante más arriba que los ojivos (y que los terceletes, si hubiera).

La extensión con la que trata el autor esta disputa hace pensar en la construcción de bóvedas de crucería como algo vivo, por más que nos parezca que en ese momento no habría muchas oportunidades.

Pero quizá una de las peculiaridades más notables del tratado como documento sobre la construcción gótica, sea la descripción que hace, al final, de la manera de ejecutar la plementería. En el resto de España, hacia la segunda mitad del siglo XVI, y en Valencia mucho tiempo antes, la plementería no era ya un relleno de hiladas de sillarejo o ladrillo, sino, con frecuencia, una superficie formada por piezas cuidadosamente talladas que alcanzan a apoyarse enterizas sobre dos nervios, o bien en todo caso a dividirse en dos o tres partes. Y esta práctica evolucionada es explicada detalladamente por Gelabert, aunque sin dibujos. Se trata del único documento original conocido que describe la elaboración de la plementería.

Plementería

Aquí Gelabert no necesita dibujos (que le hubieran resultado muy difíciles de realizar, por otra parte), porque el procedimiento no es, como recomienda la racionalidad de la estereotomía moderna, la definición gráfica de cada pieza, o al menos de las líneas que pueden guiar su talla, sino casi un método de prueba y error.

En efecto, una vez definidos con marcas sobre los nervios de la bóveda los lugares donde deben quedar las juntas entre las piezas de la plementería, se talla y se coloca cada una de ellas sucesivamente.

En algún tipo de arco también propone Gelabert labrar y colocar la primera pieza, para, tomando datos de ese sillar ya montado, tallar la siguiente, y así sucesivamente. Lo explica como alternativa para emplear menos datos de la montea o trazado general, pero es evidente que se trata de un procedimiento que obliga a trabajar muy lentamente, pues no es posible dedicar una cuadrilla de operarios a la talla mientras otros colocan y asientan las piezas a la vez. Hay que pensar, por lo tanto, que el autor está acostumbrado a trabajos pequeños y equipos reducidos.

Se trata de piezas que van apoyadas en dos nervios, con el intradós algo curvado; pero obsérvese

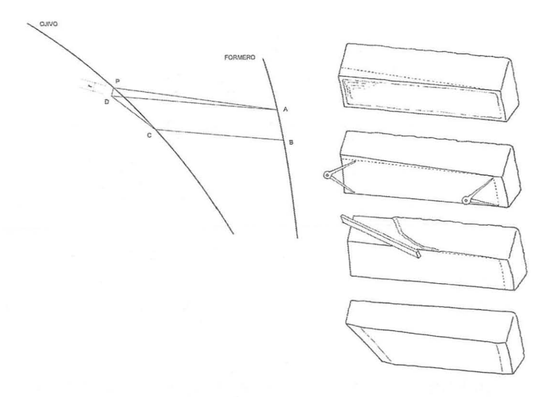


Figura 13
Proceso de talla de las piezas de la plementaría, según Gelabert

que los dos nervios de apoyo suelen ser enteramente diferentes, divergentes y de curvaturas distintas. En consecuencia, los cuatro vértices del intradós alargado no se encontrarán, en general, sobre un mismo plano, y las dos juntas que limitan este intradós serán rectas no paralelas ni coplanarias. Pues bien, para la talla de una las piezas de la plementería se comenzaría por tallar una dovela sobre una laja de piedra, con el intradós algo curvado y las líneas de junta paralelas, capaz por su largura de apoyarse en los nervios (fig. 13). Hecho esto, y con la ayuda de cordeles y líneas visuales se observaría, sobre el lugar que ha de ocupar la dovela, cuál es el alabeo o *engauxit* que hay que dar a la cara del intradós tallada provisionalmente. A continuación se corrige con esta segunda talla y se coloca la piedra en su lugar. (Ahorramos aquí la serie de inteligentes observaciones que hace el autor sobre los detalles de la forma que afecta al intradós alabeado y los dos lechos planos).

El rigor moderno

Así pues, el tratado de Gelabert es un buen exponente de la larga pervivencia de los métodos góticos. Habiendo permanecido por tanto tiempo en práctica, o al menos en el recuerdo de los artífices, es lógico que perdieran algo de su razón de ser, de ese empeño en facilitar los procesos y aplicarlos sistemáticamente con independencia de las características particulares de la decoración o de la configuración general

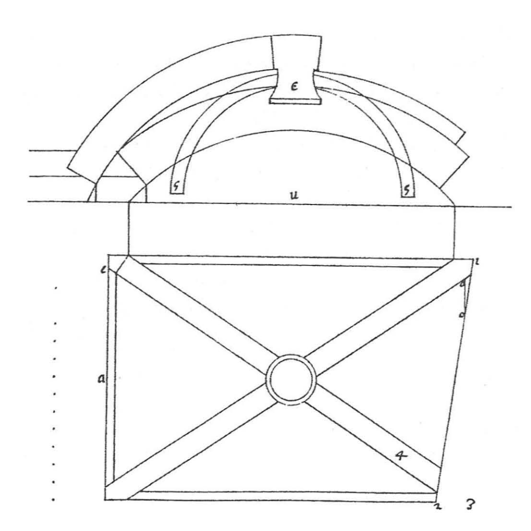


Figura 14
«Capella perllongade escasana ab una paret biaxa», fol. 125

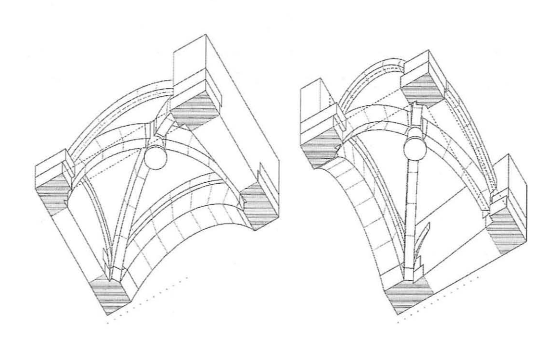


Figura 15
Perspectivas de la bóveda del fol. 125

elegida para el caso concreto. En Gelabert aparece un gótico ya contaminado con la preocupación moderna por el rigor geométrico.

Por otra parte, también caracteriza a la bóveda gótica su capacidad para adaptarse a todo tipo de plantas, incluso para admitir límites en altura. Nada de esto está ya en Gelabert, que las utiliza para cubrir capillas con formas convencionales.

En una ocasión propone una bóveda de crucería sobre planta irregular. Entonces la nervadura no se adapta, sino que se interseca y macla con el muro desviado (fig. 14). Es cierto que este corte de la bóveda recta con un plano oblicuo puede encontrar precedente en las cubriciones de los vanos de la Lonja de Palma (fig. 15), pero también que, mostrando este recurso como norma para adaptar la crucería a una planta irregular, Gelabert pierde la oportunidad de explicar la bóveda gótica como una red elástica.

Notas

1. Publicado en edición facsímil en 1977. En la ETS de Arquitectura de Madrid hemos trascrito y traducido el texto para una edición crítica, con la colaboración del profesor Ramón Garriga y la arquitecta Yuka Irie, que esperamos publicar este año, probablemente en colaboración con el Colegio de Arquitectos de Baleares.
2. Incluso los dos motivos simultáneamente, una escalera helicoidal que presenta estrías en su intradós, en la Lonja de Valencia, el Castel Nouvo de Nápoles, la capilla de los Vélez en la catedral de Murcia, y en la catedral de Cuenca. (Zaragozá 1992, 2000; Palacios 2003; Calvo y De Nichilo 2005)
3. Me advirtió de esta anomalía la arquitecta Yuka Irie, que he realizado las perspectivas de los aparejos para la publicación de la edición crítica del libro de Gelabert.
4. Por ejemplo, de la que aparece con la firma de un tal Alonso de Guardia en un manuscrito del siglo XVII conservado en la Biblioteca Nacional; este dibujo es una traducción de la bóveda de crucería desde una concepción renacentista del corte de la piedra que alcanza un resultado verdaderamente absurdo. (Guardia c.1600, Rabasa 2000).

Lista de referencias

Derand, P. François. 1643. *L'Architecture des voûtes ou l'art des traits et coupe des voûtes*. París: Sébastien Cramoisy.

Jousse, Mathurin. 1642. *Le secret d'architecture découvrant fidélement les traits géométriques, couppes et dérobements nécessaires dans les bastimens*. La Flèche: Georges Griveau.

Gambús Sáiz, Mercedes. 1989. «De l'art de picapedrer» de Joseph Gelabert: un testimonio literario de la arquitectura mallorquina del siglo XVII. *Mayurqa*, 22, vol. II, 777–785.

García, Simón. 1681. *Compendio de arquitectura y simetría de los templos . . .* , manuscrito. (Facs., Valladolid: COAV, 1990).

Gelabert, Joseph. [1653] 1977. *De l'art de Picapedrer,* manuscrito. Facs., Palma de Mallorca: Diputación.

Guardia, Alonso de. c. 1600. Manuscrito de arquitectura y cantería. (Escrito sobre una copia de Battista Pittoni, *Imprese di diversi principi, duchi, signori . . .*, Book II, Venecia, 1560.) Madrid, Biblioteca Nacional, ER/4196.

L'Orme, Philibert de. 1567. *Le premier tome de l'Architecture,* París: Federic Morel. (Facs. París: Léonce Laget, 1988).

Martínez de Aranda, Ginés. c. 1600. *Cerramientos y trazas de montea*. Ms. Servicio Histórico del Ejército, Madrid. (Facs. Madrid: Servicio Histórico del Ejército-CEHOPU, 1986).

Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal.

Vandelvira, Alonso de. c. 1580. *Libro de trazas de cortes de piedras*. Madrid, Biblioteca de la Escuela de Arquitectura. (Facs., *Tratado de arquitectura,* Albacete: Caja Provincial de Ahorros, 1977).

Willis, Robert. 1842. On the construction of the vaults of the Middle Ages. *Transactions of the RIBA,* vol.1, parte 2, 1–69.

Zaragozá Catalán, Arturo. 2000. *Arquitectura gótica valenciana*. Valencia, Generalitat.

Zaragozá Catalán, Arturo. 2003. Arquitecturas del gótico mediterráneo. En Eduard Mira y Arturo Zaragozá Catalán, eds., *Una arquitectura gótica mediterránea*, Valencia: Generalitat, 105–191.

La bóveda vaída y las casas baratas del barrio de Sant Cugat de Salt (Girona, 1956)

Ramon Ripoll Masferrer

Todos sabemos que las casas baratas de la posguerra española son grupos de viviendas sociales que surgen, en la segunda mitad del siglo XX, a caballo entre la precariedad económica y la simplicidad constructiva.[1] Lo más sorprendente de estas viviendas unifamiliares es que conservan, después de cincuenta años, el encanto de haber sido una arquitectura «de ilusión social» en medio de unas circunstancies de gran escasez. En esta comunicación comentaremos tanto la problemática de la carencia de materiales durante la posguerra (1940–1960), como las características constructivas del barrio de Santo Cugat de Salt (1956) próximo a la ciudad de Girona. En este caso la bóveda vaída, tabicada de una sola hoja sobre tabiquillos cerámicos, fue el recurso constructivo utilizado por los técnicos responsables de la obra para superar las limitaciones sociales, económicas y tecnológicas.

Figura 1
Vista general del barrio de Sant Cugat (Arxiu Històric de Girona)

Las restricciones del hierro y la bóveda vaída

Todos sabemos que una de las razones importantes que ocasionaron las limitaciones tecnológicas durante la posguerra tienen su justificación en las limitaciones impuestas en la utilización del hierro en el sector de la construcción durante este periodo. Somos conscientes que los 19 años de restricción de elementos metálicos en nuestro país (1941–1960) limitó la expansión de la edificación y la evocó a planteamientos de simplicidad tipológica y a recuperar tecnologías tradicionales. La ley (del 11 de marzo de 1941) dejaba claro que el sector industrial requería el uso de la mayor parte del hierro disponible en aquellos momentos y, por tanto, aconsejaba limitar su utilización en la construcción por entender que podía ser sustituido por sistemas basados en la tradición.

De esta manera, hemos de recordar, que la prohibición del hierro en la construcción afectaba tanto la realización de los muros y los techos (de luces normales de 6 metros en crujía sencilla y de 12 metros en crujía doble). La ley también aconsejaba que las cubiertas de luces mayores se debían sustituir las armaduras metálicas por otras de cemento armado. En

este sentido también hemos de hacer memoria que en la realización de viviendas era preciso la máxima reducción de elementos metálicos sustituyéndolos por otros procedimientos constructivos (elementos de cemento armado con armaduras metálicas mínimas, techos de madera, y sobretodo con bóvedas de ladrillo) según las posibilidades de cada obra i las caracteristicas de cada zona. Por lo tanto encontramos citada claramente en esta ley el consejo de hacer los techos de las viviendas nuevamente con bóvedas de ladrillo. Más adelante también obligaba la reducción del hierro en los elementos complementarios (balcones, barandillas, tuberías, chapas, rejas, etc). Todos sabemos que esta ley admitía en los proyectos oficiales el uso del hierro hasta un peso determinado (7 kg/m^3 de edificación) y a la vez se había de especificar en los proyectos los kilos totales de hierro que se tenía previsto utilizar en el edificio. En los casos que se superase esta cantidad se exigía un informe favorable de la Dirección General de Arquitectura. Finalmente el Reglamento que desplegó esta ley fue aprobado 4 meses después (el 22 de julio de 1941).[2]

El resultado de este conjunto de medidas, impuestas por el régimen político de la época, obligó a los técnicos (arquitectos y aparejadores) a buscar alternativas constructivas. En los casos de los arquitectos que trabajaban en las zonas de una larga tradición en la utilización del ladrillo, en la edificación, recuperaron el uso de esta tecnología local. En este sentido los casos de mayor interés son los edificios de esta época que se realizaron con paredes y techos exclusivamente de ladrillo cerámico. Unos edificios que se caracterizaban por estar cubiertos con bóvedas vaídas tabicadas de una única hoja de ladrillo sobre paredes o tabiques también de ladrillo. Una tipología estructural experimentada con éxito por bastantes arquitectos como construcciones que se caracterizavan por sus cargas permanentes reducidas de forma importante. Una característica que permitía una disminución del peso total del edificio y la correspondiente memorización de los empujes (verticales y horizontales) de las bóvedas vaídas sobre las esquinas de las crujías. Un planteamiento que permitía a la vez el alivio de los gruesos de las paredes (hasta tabiques de ladrillo de 4 ó 7 cm de grueso) y la reducción de las dimensiones de los cimientos (zanjas de poca profundidad). Muchos de estos arquitectos aplicaron esta tecnología uniendo la tradición local (la

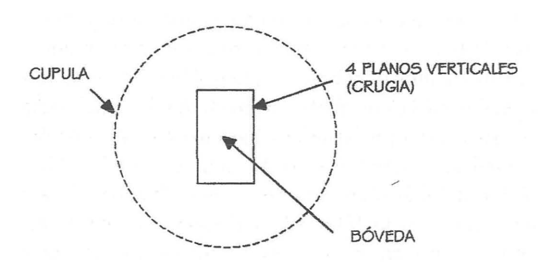


Figura 2
Geometria general de la bóveda vaída (dibujo de Ramón Ripoll)

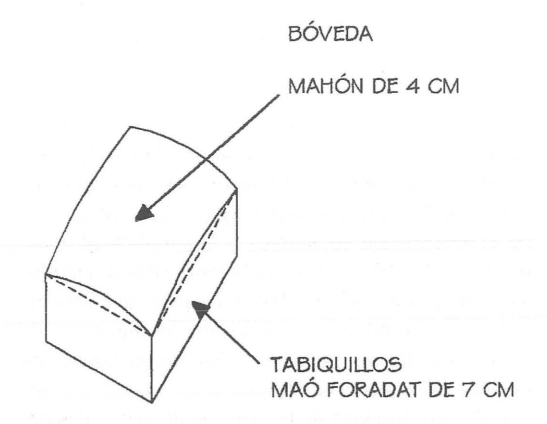


Figura 3
Características generales de la bóveda vaída (dibujo de Ramón Ripoll)

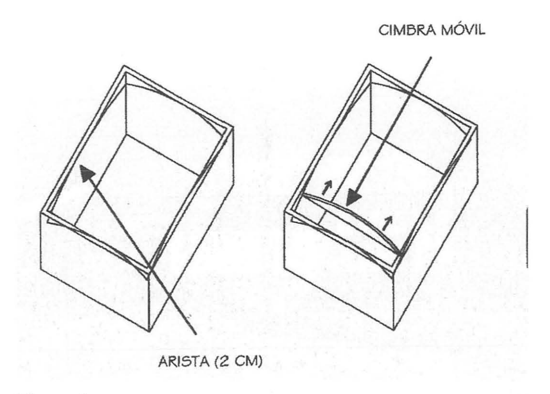


Figura 4
Proceso constructivo de la bóveda vaída (dibujo de Ramón Ripoll)

bóveda de ladrillo conocida por los albañiles de pueblo) y la simplificación estructural de la bóveda vaída (experimentada con anterioridad en algunas unviersiades como la de Barcelona, etc).

Llegados a este punto hemos de recordar que la bóveda vaída surge de la intersección de una cúpula con las cuatro caras verticales de un cubo. La bóveda mas utilizada, durante los años de la posguerra (sobretodo en el caso de las comarcas gerundenses), fue la vaída rebajada que permitía cubrir luces importantes con flechas de poca altura (de 25 a 45 cm).



Figura 6
Vista parcial del barrio de Sant Cugat (Arxiu Històric de Girona)

Las casas baratas del barrio de Sant Cugat de Salt

El grupo de casas de Sant Cugat de Salt fue aprobado por la Obra Sindical del Hogar en el 1946. El proyecto fue elaborado por el arquitecto gerundense Ignasi Bosch Reitg. Su construcción se realizó entre 1954 y 1956. La ubicación escogida fue el descampado situado en la zona oeste de la población ajunto al trazado del ferrocarril de Olot a Girona. Los terrenos que se compraron para hacer la promoción, a los herederos del marqués de Camps, tenían una superficie de 26.244 m^2.

Las viviendas que se debían construir se organizaron en 8 manzanas mediante la tipología de casas unifamiliares en hilera de dos plantas de altura. En el centro del conjunto se hizo una novena manzana, en la plaza central, formada por 5 casas especiales en hilera y con una altura de tres plantas. Algunos de los comentarios realizados en la memoria del proyecto definían las características generales del futuro barrio de Sant Cugat. Según el arquitecto Bosch la finca seleccionada estaba formada por «terrenos llanos» (una planimetría que permitiría plantear cualquier tipo de organización ideal). Su situación al mismo «lado del ferrocarril» (constituye un eje norte-sur ineludible para la futura organización urbana longitudinal del conjunto). Las viviendas escogidas eran «de tipología unifamiliar» (una superficie generosa de la finca adquirida que permitía una ordenación de baja densidad de viviendas). La disposición «de edificios lineales con retranqueos» (una organización en hilera que suponía una reducción importante del coste de construcción). Y finalmente el ultimo comentario a destacar de la memoria del proyecto es la creación de una «plaza central con 5 viviendas de tres pisos con locales en la planta baja para uso comercial» (una plaza entendida como vacío que se había de llenar con las actividades vecinales y como lugar de encuentro).

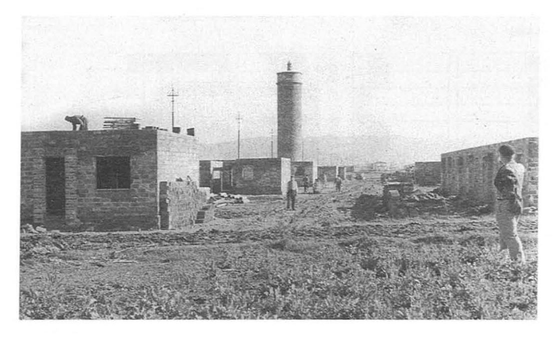


Figura 5
Vista del barrio de Sant Cugat en construcción (Arxiu Històric de Girona)

La aportación fundamental del arquitecto Bosch al barrio de Sant Cugat (como las otras promociones que el mismo realizó durante este periodo) fue utilizar por igual los recursos urbanísticos (proporción humanizada), arquitectónicos (topologías funcionales) y constructivos (bóveda vaída) para hacer ciudad. Nuestro interés se centrará fundamentalmente en relacionar y enlazar la morfología urbana y la topología arquitectónica (valores espaciales) con la tecnología constructiva de la bóveda vaída (valores tecnológicos).

El urbanismo

La solución del problema de la vivienda (sobretodo en el siglo XX) siempre ha pasado por diseñar barrios urbanísticamente bien organizados, construir edificios con una distribución adecuada, utilizar tecnologías racionales, y sobre todo ofrecer viviendas de bajo coste. Por esto el siglo pasado ha sido prolífico en soluciones de viviendas sociales que han aspirado conseguir una buena calidad a un mínimo precio. Por esto la promoción de las denominadas «casas baratas» realizadas con la ayuda económica del Estado, entre 1940 a 1970, facilitaron a la población de rendas medias-bajas poder vivir en una casa de nueva construcción a precios asequibles. Por tanto hemos de recordar que las casas baratas eran promovidas por entidades oficiales que gestionaban el planeamiento, controlaban las características higiénicas y arquitectónicas, y sobre todo aseguraban cualidades constructivas optimas. Es interesante remarcar que las casas baratas de nuestro país, realizadas durante la posguerra, tienen una cierta similitud de objetivos con muchas promociones de viviendas realizadas entre 20 y 30 años antes en otros países de Europa.[3]

En el caso del barrio de Sant Cugat de Salt su característica urbana más importante es el espacio urbano equilibrado conseguido por la anchura generosa de las calles y por la limitada altura de los edificios. La relación natural que se establece entre el espacio público y el espacio privado se logra gracias a una proporción adecuada entre las secuencias de espacios formados por la relación entre la plaza, el porche y las casas (en la zona de los comercios); y entre la calle, los jardines y las casas (en el resto del barrio). Unas calles de 12 m de anchura que organizan solares longitudinales que oscilan entre 165 a 185 m^2 aproximadamente. Los interiores de las manzanas de casas se organizan a partir de pasajes de 3 m. de anchura para acceder a la parte posterior de los jardines. Por otro lado la disposición de la plaza central abierta, en dirección al centro del núcleo urbano de Salt, organiza la trama de calles de comunicación entre las diferentes manzanas de casas. Lo mas interesante de este sistema es la disposición de las hileras de edificios de una manera que evitan normalmente la frontalidad con las casas vecinas. Por esto en muchas calles de este barrio las visuales de las fachadas principales de las casas rehuyen el contacto vecinal frontal. También es interesante comentar la disposición de las calles que se abren en las zonas de los cruces mediante el correspondiente retroceso de la disposición de las ultimas casas de cada hilera para romper la monotonía visual del conjunto. Finalmente tenemos que decir que tanto las obras de pavimentación de las calles como las obras de alumbrado publico se realizaron bastante tiempo después (12 y 14 años) de la construcción del barrio.

Encontramos diferentes tipos de casas según tengan 2, 3, y 4 habitaciones en su planta superior. La disposición de la entrada introduce a la vez otra variante tipológica en las casas retranqueadas de las esquinas. Pese a que la mayoría de casas siguen un modelo estandarizado, con el objetivo de la reducción de costes, estas variaciones tipologicas respondían a las diferentes necesidades de los usuarios. Cada vi-

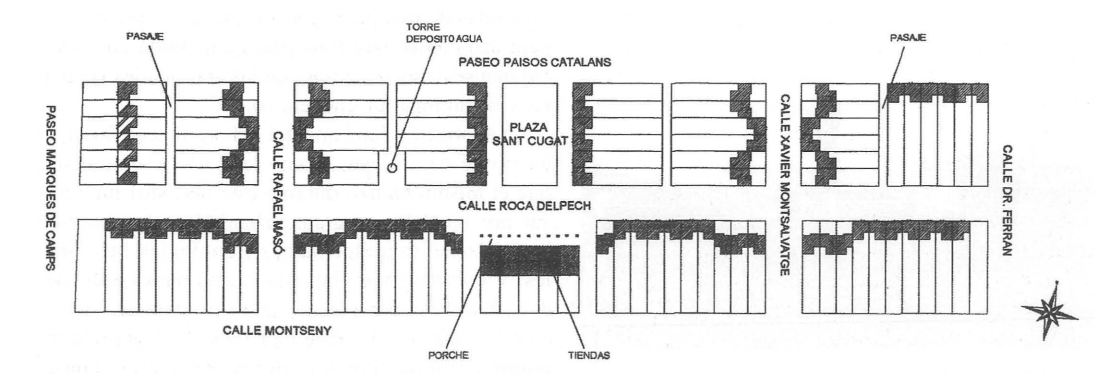


Figura 7
Planta general del barrio de Sant Cugat (dibujo de Ramón Ripoll)

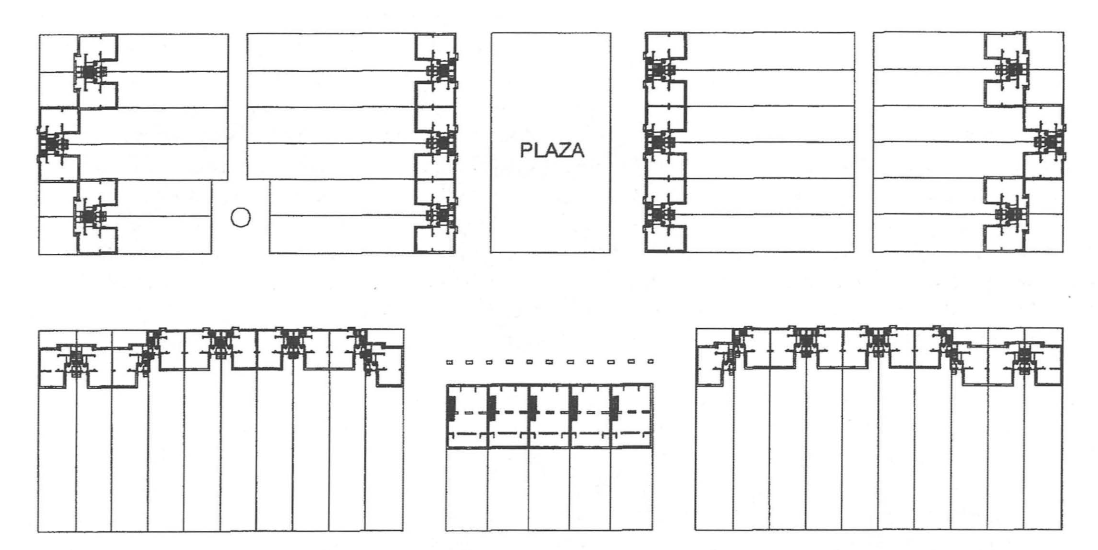


Figura 8
Planta parcial del barrio de sant cugat (dibujo de Ramón Ripoll)

vienda estaba formada por una entrada-escalera (4,5 m^2), un comedor (9 m^2), una cocina (4 m^2) y una habitación complementaria (8 m^2) en la planta baja. Las 2, 3 y 4 habitaciones de la planta superior podían tener diferentes dimensiones (entre 5 y 8 m^2). Finalmente un cuarto de baño debajo de la escalera y un pequeño lavadero en el patio posterior completaban la vivienda. Unas casas mínimas que contrastaban con la amplitud del patio posterior. Un espacio libre de jardín que, según la opinión de muchos de los vecinos, fue el que los hizo decidir comprar la casa en el 1956. De esta manera, ya desde el primer momento, muchas familias tenían la idea que ampliarían la casa según las nuevas necesidades futuras (garaje, almacén, estudio, etc). Un aspecto que también estaba contemplado por la Obra Sindical del Hogar (y los restantes organismos de promoción de viviendas oficiales) los cuales permitían que los mismos propietarios realizaran las vallas del jardín y construyeran edificaciones secundarías. Era una manera lógica de que cada familia personalizase su vivienda.

Otro aspecto sorprendente de estas casas es la disposición de arcos abiertos que unen dos espacios interiores como son la entrada y el comedor, o bien el comedor y la cocina. Por otro lado las reducidas habitaciones tenían en la cama como la referencia funcional. También tenemos que hacer mención al cuarto de baño situado en la planta baja y debajo de la escalera, así como el lavadero que inicialmente estaba en un rincón de la pared del patio posterior, que obligaba a salir al exterior para poder acceder a el. En general las fachadas de las casas se diseñaron para dar una imagen de mayor tamaño que la que tenían realmente en su interior. Los elementos arquitectónicos empleados (aleros, balcones, chimeneas, porche de entrada...) se sitúan dentro de un repertorio popular tradicional con un cierto aire de composición académica. Por otro lado el pequeño porche cubierto de la puerta principal exterior de las casas indica la entrada y a la vez es signo de bienvenida.

El interior de las casas están formadas por la suma de habitaciones, una crujía junto a la otra, cubiertas con bóvedas que potencian la idea de unidad de cada una de las piezas del interior como espacios visualmente autónomos. De esta manera podemos entender una de estas casas unifamiliares como la suma (adición) de estas crujías cubiertas de bóvedas. Una idea que queda realzada por el sentido espacial de la misma bóveda vaída que gira siempre alrededor de un centro, estabiliza el espacio interior, y da la sensación de reposo y movimiento a la vez. El resultado es una atmósfera de tensión equilibrada. Las ventanas de dimensiones reducidas, supuestamente justificadas por razones económicas y de protección térmica,

Figura 9
Proceso constructivo de las viviendas de dos plantas del barrio de Sant Cugat (dibujo de Ramón Ripoll)

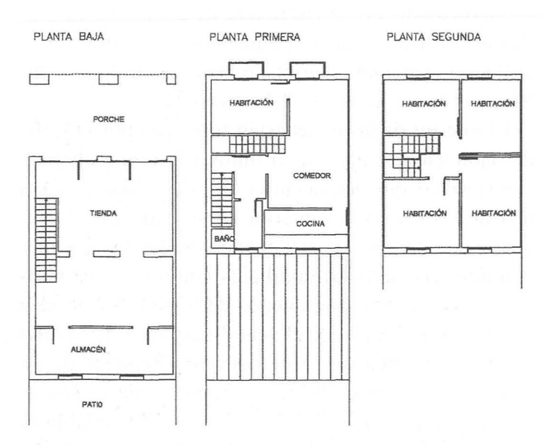


Figura 10
Distribución de las viviendas de tres plantas del barrio de Sant Cugat (dibujo de Ramón Ripoll)

acaban de dar un ambiente de austeridad, separación y autonomía entre espacio interior y exterior.

Las casas de tres plantas, de la zona de la plaza, estaban formadas por 4 habitaciones (entre 8 y 10 m^2) en la planta segunda y la disposición de un comedor-sala (17 m^2), la cocina (6 m^2), el baño (3 m^2) y una habitación complementaría (8 m^2) en la planta primera.

La construcción

La aportación mas importante del arquitecto Bosch es la utilización de la tecnología ligera en la construcción de las casas del barrio de Sant Cugat. Un sistema que tenía como material básico de construcción los ladrillos de $4 \times 14 \times 28$ cm y de $7 \times 14 \times 28$ cm. Una

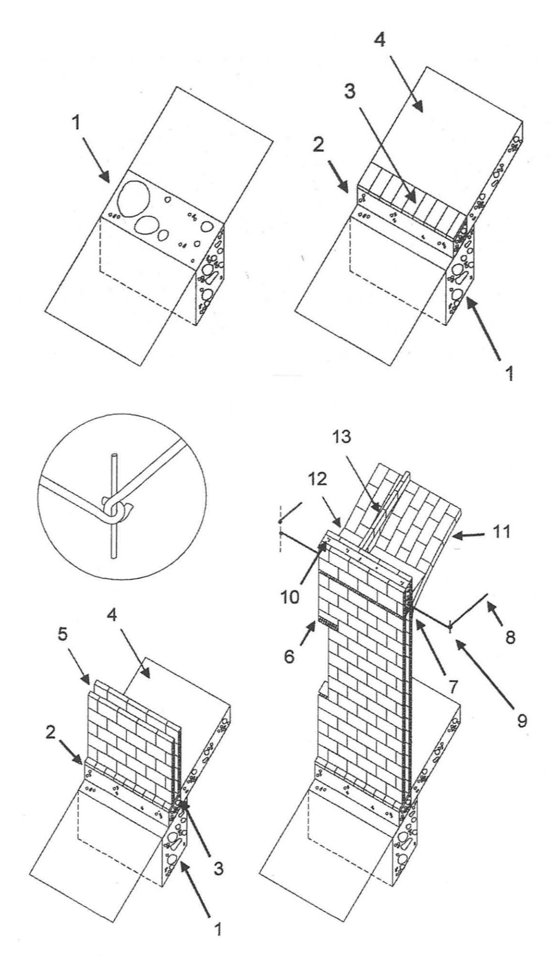


Figura 11
Proceso constructivo de las bóvedas vaídas del barrio de Sant Cugat (dibujo de Ramón Ripoll)

tecnología de fácil organización, rápida ejecución, reducido peso y sobre todo de bajo coste. Un sistema que permitía el cubrimiento con bóvedas vaídas (de una lámina de ladrillo agujereado de 4 × 14 × 28 cm) y que permitía trasladar los esfuerzos a las esquinas de las crujías. Esta topología estructural aligeraba a la vez el resto de los paños intermedios de los tabiques de cierre. Unas paredes verticales formadas por tabiques de 9 cm incluido el enlucido de yeso (en las paredes interiores hechas con ladrillos de 7 × 14 × 28 cm) y de dos hojas de ladrillo (de 4 × 14 × 28 cm y 7 × 14 × 28 cm) con una cámara de aire vacía formando una muro total de 25 cm de grueso contando el enyesado y el enlucido respectivos (de las paredes exteriores). Una disminución del peso que continuaba mediante soleras planas o tabicados planos (en los pisos) y soleras inclinadas o tabicados inclinados (en al cubierta) de ladrillos de 4 × 14 × 28 cm realizados siempre sobre tabiquillos.

La utilización durante estos años de los sistemas constructivos tradicionales mediante ladrillos cerámicos (tabiques, bóvedas de cuatro puntos, arcos, tabiques planos . . .) estaba complementado con la utilización mínima de hierro. De esta manera el uso del acero se reduce, en este tipo de casas baratas, a los tirantes interiores de los zunchos de hormigón. Unos tirantes que se colocaban 5 cm por encima del arranque de las bóvedas, formados por una varilla de hierro de 12 a 16 mm de diámetro según las dimensiones de cada bóveda.

Como conclusión podemos afirmar que este sistema constructivo se ha mostrado con el paso del tiempo muy eficaz, seguro, y duradero. Siempre que, por supuesto, se haya respetado la integridad del conjunto de esta parrilla de bóvedas contrarrestadas unas con las otras, y las de una casa con las del edificio vecino. Una tipología que ha evitado el derribo individual de alguna de las casas del barrio de Sant Cugat de Salt por este mismo principio de solidaridad constructiva que hace que cada casa necesite (estructuralmente) la casa vecina para mantener la estabilidad de sus bóvedas vaídas tabicadas de ladrillo.

NOTAS

1. Ramon Ripoll Masferrer es profesor del Departament d'Arquitectura i Enginyería de la Construcció de la Universitat de Girona. Email: despatx.f.ripoll@coac.net
2. El reglamento especificaba que: « . . . en todos los cálculos de l'estructura de hierro en obras oficiales o particulares se deberá justificar que el coeficiente de trabajo del hierro laminar no es inferior a 12 kg/mm^2. Los elementos constructivos formatos por pies derechos y correas se calcularán como pórticos. El arquitecto municipal velará por la máxima economía del hierro haciendo constar en los suyo informas l'autorización precisa de la Dirección General de Arquitectura en cuando a la proporción del hierro cuando exceda de 10 kg/m^3 de edificación». En este reglamento se regulan las cargas permanentes (hierro laminar: 7.850 kg/m^3, maderas: 600 a 1.000 kg/m^3, piedra natural: 2.500 a 2.800 kg/m^3, ladrillo cerámico: 1.800 kg/m^3, ladrillo perforado:

1.300 kg/m^3, hormigón en masa: 2.200 kg/m^3, hormigón armado: 2.400 kg/m^3); la sobrecarga o cargas no permanentes (viviendas: 150 a 200 kg/m^2, oficinas: 200 a 250 kg/m^2, edificios públicos: 250 a 300 kg/m^2.). Las sobrecargas debidas al viento (vientos fuertes: 200 kg/m^2, vientos moderados: 125 kg/m^2). En los edificios protegidos se podrán reducir hasta el 50%. Por otra parte, las flechas admisibles para viguetas de piso y correas de cubiertas en luces mayores de 5 m:< 1/300 de la luz de cálculo.

3. En este sentido podemos hablar de problemáticas parecidas pero con resultantes urbanos, arquitectónicos y constructivos diferentes. Por ejemplo tiene mucho interés recordar los planteamientos de las promociones de viviendas sociales alemanas (Siedlungen) construidas a partir de 1920 en la que se crearon barrios de una gran vitalidad social, y de una considerable calidad arquitectónica, y con unos planeamientos urbanos «notables». Unas promociones de viviendas colectivas que se realizaron también en una situación económica difícil (como la crisis que vive la República alemana de Weimar) que obligó a investigar nuevos sistemas de gestión residencial. Surge entonces las propuestas de creación de barrios enteros que tienen como objetivo desarrollar nuevas formas de organización urbana, proponer tipologías más funcionales, encontrar nuevos modelos de financiación y sobre todo innovar técnicas constructivas semindustriales. Destacan autores como Bruno Taüt cuando plantea la teoría de la organización de la vivienda social a Alemania en la década de los años veinte, que aseguraba el acceso a la vivienda digna.

La bóveda tabicada y el movimiento moderno español

Ana Rodríguez García
Rafael Hernando de la Cuerda

La buena arquitectura no se ha hecho nunca por fórmula ni siguiendo al pie de la letra una doctrina: seria demasiado sencillo . . .

. . .

Podemos, para obtener esto, aprovechar todos los medios que tenemos a mano, desde los más tradicionales a los más modernos; desde la piedra al ladrillo y hormigón armado, el acero y el cristal, siempre que estén controlados por un espíritu de orden, claridad y respeto a las construcciones milenarias, osatura espiritual de todas las grandes creaciones arquitectónicas . . . (Sert 1934)

La construcción con estructuras de fabrica (muros, arcos, bóvedas..) se mantiene de forma generalizada hasta finales del siglo XIX. En ese momento, con la aparición de nuevos materiales, acero y hormigón moderno, comienza el desarrollo de nuevos sistemas constructivos que irán desplazando el empleo de los sistemas tradicionales ya mencionados, especialmente bóvedas y cúpulas hasta prácticamente su desaparición.

La bóveda tabicada, fundamentalmente mediterránea, se remonta a Mesopotamia y Egipto, y una tradición milenaria no desaparece repentinamente.

De las bóvedas de fabrica es la única, que aunque limitadamente, se prolonga en el tiempo mas que las construidas de rosca con ladrillo o con piedra, llegando hasta el siglo XX con algunos ejemplos verdaderamente espectaculares en la obra de los Guastavino.

El G.A.T.E.P.A.C

La construcción de Weissenhof en 1927, desembocó en la constitución, un año más tarde, de los CIAM (Congres Internationaux d' Architecture Moderne), que de este modo comenzó a aparecer frente a la opinión pública como un movimiento, es decir, como una acción conjunta articulada hacia una dirección: el Movimiento Moderno en Arquitectura.

Los madrileños Fernando García Mercadal y Juan de Zavala asistieron a titulo individual a la reunión constituyente de los CIAM en La Sarraz. Posteriormente Josep Lluis Sert se dirigió a Mercadal para organizar un movimiento que promocionase la arquitectura moderna en España.

Durante el mes de septiembre de 1930 tuvo lugar en San Sebastián una exposición de pintura y arquitectura contemporánea organizada por el Ateneo Guipuzcoano.

El grupo nace en las reuniones motivadas por esta exposición y se constituye en Zaragoza, el 26 de octubre de 1930, como G.A.T.E.P.A.C. (Grupo de Arquitectos y Técnicos Españoles para el Progreso de la Arquitectura Contemporánea) con tres subgrupos, uno en el centro (Madrid), otro en el norte (San Sebastián y Bilbao) y otro en Este (Barcelona).

Tiene por objeto contribuir al desarrollo de la nueva orientación universal en arquitectura y resolver y estudiar los problemas que se presentan en su adaptación a nuestro medio.

Los asistentes a esta reunión fundacional son:

Madrid, Grupo Centro: Fernando García Mercadal (1896–1985), Víctor Calvo (1904–?), y Felipe López Delgado (1902–1981).

Bilbao, Grupo Norte: Luis Vallejo (1901–1964)

San Sebastián, Grupo Norte: Joaquín Labayén (1900–1996)

Barcelona, Grupo Este: Josep Lluís Sert (1902–1983), Sixte Illescas (1903–1986), Ricard Churruca (1900–1963), Germá Rodríguez Arias (1902–1987), Pere Armengou (1905–1990), Josep Torres Clavé (1906–1939), Cristòfor Alzamora (1905–1975), y Manuel Subiño (1904–1984)

Además de estos, se suman como socios directores: San Sebastián, Grupo Norte: José Manuel Aizpurúa (1904–1936)

Madrid, Grupo Centro: Manuel Martinez Chumillas (1902–1986), Anibal Alvarez (1901–1925), y Santiago Esteban de la Mora (1902–1987).

Barcelona, Grupo Este: Francesc Perales (1905–1956).

Aunque permaneció la subdivisión en los grupos Norte, Centro, y Este, y el Gatepac continuara como grupo, el que realmente funcionó organizadamente fue el grupo Este, conservando sus siglas iniciales, GATCPAC. En los otros grupos, todo quedó muy poco formalizado, siendo sus principales representantes Fernando García Mercadal y Jose Manuel Aizpurúa.

La organización del grupo Este, se refleja en su estructura, en la que los socios se dividen en directores, numerarios, estudiantes e industriales. Los socios fundadores son los que desarrollan los trabajos en equipo, las campañas de divulgación y dirigen la revista A.C. Se conservan actas de altas y bajas, así como memorias de administración económica desde su fundación en 1930 hasta 1938, en las que quedó reflejado la incorporación posterior, entre otros, de Antonio Bonet Castellana (1913–1989) que ingresa como estudiante en 1933.



Figura 1
Portada de AC 1 (García-Quiñones. 2005, 1)

Con una imagen potente, desarrolla a través de sus artículos editoriales varias líneas de pensamiento, algunas de las cuales tienen especial relación con el tema que tratamos.

1. Interés por la arquitectura y construcción populares por su honestidad, sobriedad y sabiduría, y como posible fuente de inspiración en la búsqueda y desarrollo de una nueva arquitectura.
2. Interés por los aspectos constructivos y técnicos. En la mayor parte de los proyectos publicados, se hace una breve referencia de la memoria en sus aspectos constructivos.
3. Defensa de la verdadera arquitectura con independencia de la época, demostrando especial interés por demostrar respeto por la arquitectura del pasado. Se mantiene como constante una crítica durísima a los historicismos y academicismos, con grandes tachaduras rojas sobre los ejemplos criticados, tanto de la arquitectura del pasado como de los falsos modernos.

Estos tres aspectos son alguno de los ejes de pensamiento fundamentales de la revista.

AC. Documentos de Actividad Contemporánea Revista trimestral. Publicación del G.A.T.E.P.A.C. Barcelona, Madrid, San Sebastián.

La revista AC, órgano de expresión del GATEPAC, se publica trimestralmente en Barcelona desde comienzos de 1931 hasta junio de 1937, con redacciones en las tres ciudades de los grupos Centro, Norte y Este: Madrid, San Sebastián y Barcelona, y especialmente impulsada por J.L. Sert y Torres Clavé (fig. 1).

Los 25 números de la revista, son el medio de intercambio y expresión común de los miembros del GATEPAC, y suponen un manifiesto de las ideas arquitectónicas del grupo.

El estudio de sus ejemplares supone, sin menoscabar otras, disponer de una fuente de primera mano y fundamental para entender el movimiento moderno español.

Además de varios artículos y citas, el numero 18, del segundo trimestre de 1935 está dedicado a la Arquitectura Popular.

REFERENCIAS A CONSTRUCCIONES TABICADAS EN A.C.

Relacionado con los tres aspectos reseñados anteriormente, en los 25 números de la revista, hay numerosas referencias graficas o escritas a las construcciones tabicadas, especialmente en construcción de forjados y escaleras, además de las conocidas casas para fin de semana en Garraf de J.L. Sert y y J. Torres Clavé, que son la imagen elegida para la portada del numero 19.

Después del numero 18, dedicado a la arquitectura popular, al que se hace referencia anteriormente, es especialmente relevante que el principal órgano de difusión del movimiento moderno español, dedique la portada de un numero dedicado a la evolución del espacio interior, a una única imagen del interior abovedado de la vivienda tipo C de las casas en Garraf, construido con bóveda tabicada (fig. 2).

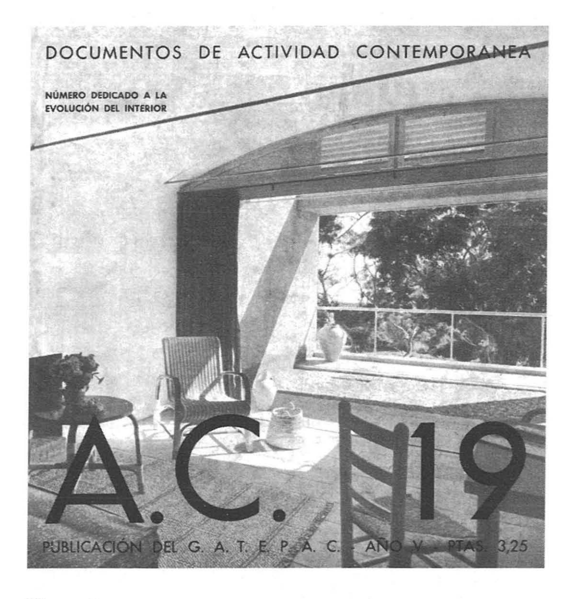


Figura 2
Portada de AC 19 en 1935. Interior de la vivienda tipo C de las casas para fin de semana en Garraf, Barcelona, de los arquitectos Sert y Torres Clavé. (García-Quiñones. 2005, 953)

Forjados conformados con bovedilla tabicada

Frente a la mayor intencionalidad en el empleo de la técnica tabicada en escaleras, por su buena adecuación y posibilidades para generar elementos ligeros de una forma sencilla, económica y eficaz, su utilización en forjados y cubiertas responde principalmente, además del fuerte arraigo de este sistema, a la inexistencia de la industria adecuada para sustituirle.

En el caso de las cubiertas, iniciarán su declive con la aparición de nuevos materiales que los arquitectos del propio GATEPAC irán incorporando y desarrollando, con nuevas soluciones (Paricio Casademunt 1996, 2000).

Respecto a los forjados, ya Joan Baptista Subirana, arquitecto del GATEPAC, en un articulo sobre la evolución del techo y la pared, describe los inconvenientes de los forjados de bovedillas tabicadas, y refleja la extendida preocupación en el grupo por resolver los problemas de aislamiento térmico y acústico.

> a. Bovedillas y pared a base de ladrillos corrientes, piezas de reducidas dimensiones comparadas con los elementos de la estructura; perdida de tiempo en la construcción; necesidad de otro elemento, el cielorraso, para un mínimun de aislamiento . . . (Subirana 1932, 48).

En el Dispensario Central Antituberculoso de Barcelona (fig. 3), de Sert, Torres Clavé, y del mismo Subirana, construido con estructura metálica y el cerramiento en planta baja independiente de la misma, adoptan en los forjados una solución de viguetas metálicas y entrevigado de bovedillas de dos «voltes de maó», con una solera de ladrillo continua por su parte inferior en sustitución del cieloraso habitual posiblemente para mejorar el aislamiento, que se sostiene, según la memoria del proyecto, colgada de las viguetas por la adherencia del mortero que la une a unos ladrillos colocados sobre las alas de las viguetas, (Mannino y Paricio 1983, 43).

Las numerosas referencias graficas y algunas también escritas, corroboran la construcción habitual de forjados y cubiertas con esta técnica tradicional, conviviendo simultáneamente con muros de ladrillo, estructura metálica, y bóvedas tabicadas o de hormigón armado en escaleras, según los casos.

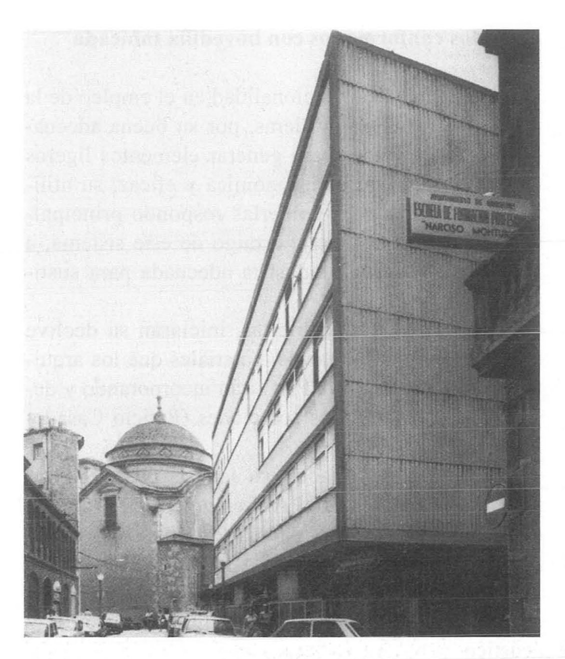


Figura 3
Dispensario Central Antituberculoso en Barcelona, 1935. Arquitectos Josep Lluís Sert, Joseph Torres Clavé y Joan Baptista Subirana. (Mannino y Paricio 1983, 53)



Figura 4
Viviendas de alquiler en la calle Padua, Barcelona. Detalle de fachada. Arquitecto Sixto Illescas, en A.C.16 1934 (García-Quiñones. 2005, 804)

Escaleras

El concepto de lo que debe ser la escalera en la moderna arquitectura, queda reflejado en el comentario sobre la realizada en hormigón de la Casa Arosa en Praga del arquitecto Karel Hannauer.

> Esta escalera de la casa Arosa —expresión plástica y concreta de un ideología que se impone— posee el atractivo de un idea espontánea hecha realidad.
>
> Ligera, joven, y antirrutinaria. Es un homenaje a la luz y a la limpieza. Hay que apartarse de este tipo de escalera oscura que asciende pesadamente entre cuatro paredes. El edificio moderno, concreción firmemente orientada, requiere escaleras optimistas, libres de la pesadez de las seculares cuatro paredes . . . (García-Quiñones. 2005, 401)

Los núcleos de escalera tienen gran relevancia en los documentos fotográficos de la revista, con imágenes de las mismas en muchos de los proyectos publicados y constancia clara que un numero elevado de ellas están realizadas con bóveda tabicada, pudiéndoles aplicar las características descritas para la Casa Arosa. De estos edificios, radicales representantes de la modernidad, destaca especialmente por su configuración la escalera de las viviendas de alquiler en la calle Padua de Barcelona del arquitecto Sixto Illescas, de la que se publican tres fotografías, una de ellas en construcción (fig. 4, fig. 5, fig. 6).

> . . .
>
> Cuerpo de escalera construido a base de bóvedas a la catalana con 3 gruesos de rasilla, que apoyan en paredes de 0,15 m. de espesor. En la bóveda que queda sin apoyar en la pared, se ha colocado un tirante interior que con una inclinación de 45 grados va a empotrarse a la pared . . . (García-Quiñones. 2005, 807)

Otras referencias:
Viviendas de alquiler en la calle Rosellón, Barcelona del arquitecto J. Luis Sert, en A.C.2 1931, p.18.
Sanatorio de San Juan de Dios, Manresa, del arquitecto G. Rodríguez Arias, en A.C.6 1932, p. 23.
Casa de alquiler en la Via Augusta, Barcelona del arquitecto Germán Rodríguez Arias, en A.C.8 1932, p. 23.
Escuelas graduadas en Manresa, Barcelona, del arquitecto Pedro Armengou, en A.C.16 1934, p. 26.
Viviendas de alquiler en la calle de Aribau, Barcelona, del arquitecto R. Duran Reynals, en A.C.19 1935, p.35.

EL RACIONALISMO MADRILEÑO

En Madrid, trabaja un grupo de arquitectos que se inician profesionalmente entre 1918 y 1923.

Rafael Bergamín (1891–1970), Luis Blanco Soler (1894–1988), Regino Borobio (1895–1976), Casto Fernández Shaw (1896–1978), Miguel de los Santos (1896–1991), Agustín Aguirre (1896–1985), Manuel Sánchez Arcas (1895–1970), Luis Lacasa (1896–1966), Fernando García Mercadal, Carlos Arniches (1897–1955), Martín Domínguez (1897–1970) y Luis Gutierrez Soto (1900–1977). A estos arquitectos, Carlos Flores les denomina Generación del 25, debido a la influencia, reconocida por ellos mismos, del viaje que realizan recién titulados a la Exposición de Artes decorativas de Paris de 1925.

En esta exposición, pudieron contrastar el regionalista Pabellón de España del arquitecto P. Bravo, con las propuestas de Le Corbusier en el Pabellón de l'Esprit Nouveau, de Zajkowski en el Pabellón de Polonia, de Hoffman en el Pabellón de Austria, de Mallet-Stevens en el Pabellón de Turismo, así como del uso del ladrillo en el pabellón holandés, que condujo a algunos a viajar a Ámsterdam y a Hilversum.

Este grupo, junto con el arquitecto mas influyente del momento en España, algo mayor que ellos, Secundino Zuazo (1887–1970), desarrollan una arquitectura racionalista con varias sensibilidades, pero con un esfuerzo común de desornamentación y de búsqueda de nuevas soluciones frente al regionalismo dominante en ese primer cuarto de siglo, y que entronca con las corrientes europeas de vanguardia.

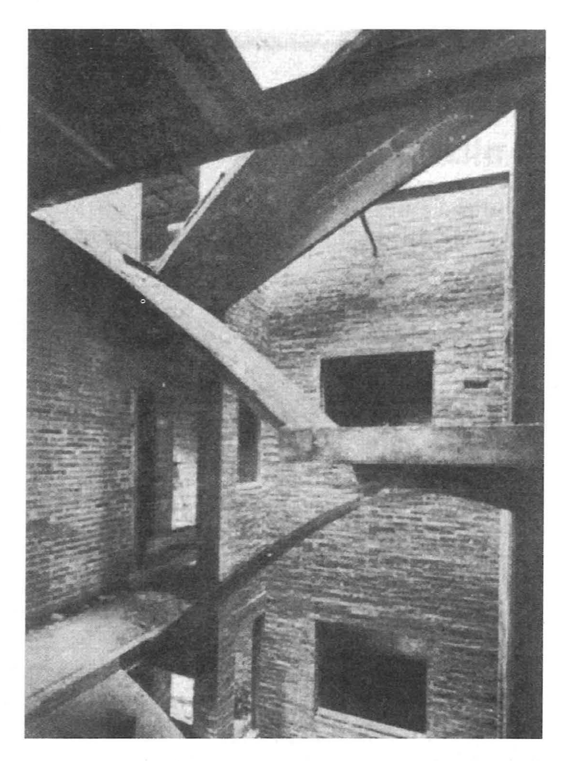


Figura 5
Viviendas de alquiler en la calle Padua, Barcelona. Detalle de la escalera en construcción. Arquitecto Sixto Illescas, en A.C.16 1934 (García-Quiñones. 2005, 807)

En 1918 la Sociedad Central de Arquitectos, empieza a publicar la revista Arquitectura a cargo del poeta y pintor José Moreno Villa, y en ella publican Bellido, Giner de los Rios, Bergamín, Yarnoz, Guitard, Lacasa, Sánchez Arcas, Blanco Soler, Anasagasti, Rivas Eulate, Salvador, Zuazo, Závala, López Otero, Torres Balbás, Garcia Mercadal, y Fernández Balbuena entre otros. Desde 1927 colabora asiduamente Theo van Doesburg, se publican noticias sobre los CIAM, el Werkbund, la obra de Le Corbusier y Gropuis, las investigaciones arqueológicas de Torres Balbás, se presentan las primeras obras menores adheridas al movimiento moderno, como son las tiendas de Domínguez, Arniches y Bergamín, y se publican los artículos de García Mercadal desde el extranjero y sus teorías sobre «arquitectura mediterránea», en defensa de una plástica pura, limpia, horizontal, desornamentada y racionalista (Bohigas 1998, 29)

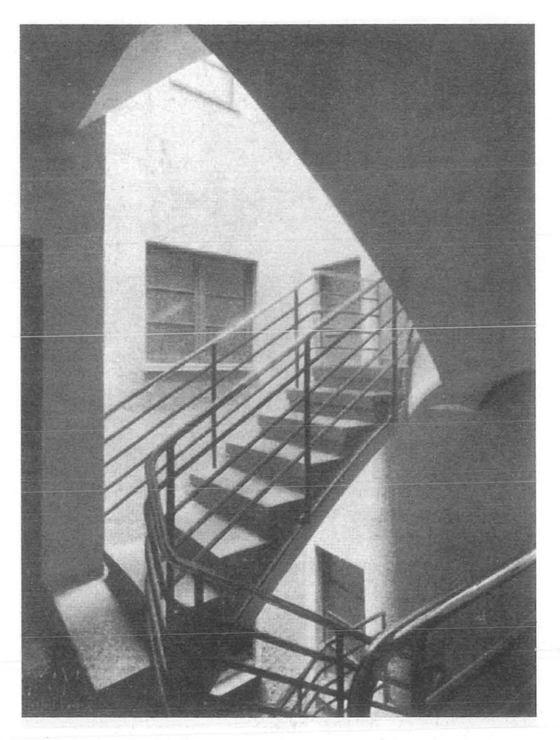


Figura 6
Viviendas de alquiler en la calle Padua, Barcelona. Detalle de escalera. Arquitecto Sixto Illescas, en A.C.16 1934 (García-Quiñones. 2005, 809)

Aunque en general como grupo la generación del 25, no alcanza la modernidad y el radicalismo que se consiguen en las propuestas del Gatepac, en él se gestan y construyen los primeros edificios realmente modernos en España: El Rincón de Goya en Zaragoza en 1928 de García Mercadal, la Estación de Servicio de Petroleos Porto-Pi en la calle Alberto Aguilera en Madrid, con estructura de hormigón armado, de Casto Fernández-Shaw, y la casa para el Marqués de Villora en la calle Serrano 130 en Madrid, de Rafael Bergamín, con una vuelta al ladrillo que tanto le había impresionado en Holanda.

Otra figura clave en esta generación es el ingeniero de caminos Eduardo Torroja (1889–1961), introductor del hormigón armado en España, y que realiza sus principales colaboraciones con arquitectos en Madrid. Fruto de esta colaboración, se realizan tres obras importantísimas, muestras del desarrollo y posibilidades del nuevo material: El Mercado de Algeciras en 1935 con Sánchez Arcas, el Frontón Recoletos en el mismo año con Secundino Zuazo, y el Hipódromo de Madrid en 1936 con Carlos Arniches y Martín Domínguez.

En la Exposición de París de 1925 se exhiben simultáneamente historicismos regionalistas con las propuestas mas modernas y radicales del momento. En 1927, solo dos años después, la Weissenhof en Stutgart, tiene una gran repercusión en las revistas especializadas, y en particular en Madrid en la revista Arquitectura. Con la creación de los CIAM se afianza y comienza a percibirse la nueva arquitectura como movimiento internacional: El Movimiento Moderno.

Podríamos establecer una cierta analogía, con esa corta diferencia de aproximadamente cinco años entre la mayor parte de los miembros del Gatepac, y los de la generación del 25, que se traduce en las posiciones no tan radicales en general del ámbito madrileño.

La construcción tabicada

Al igual que la construcción tabicada, convive en Barcelona de forma natural con las nuevas propuestas arquitectónicas, también se sigue realizando en Madrid, junto con nuevas técnicas, en la arquitectura moderna racionalista madrileña, en la que además el empleo del ladrillo visto, alcanza gran desarrollo como una se las señas identidad del grupo.

Ya en 1929, cuando Rafael Bergamín construye la casa para el Marques de Villora, una de las primeras tres obras modernas y fundamentales por su influencia, hoy totalmente desvirtuada y maltratada, además del empleo del ladrillo visto y una ausencia total de decoración, la escalera se construye tabicada (fig. 7)

En el año 1934, simultáneamente a la realización del concurso para el Hipódromo, que ganaron Arniches, Domínguez y Torroja con una estructura de bóvedas de hormigón armado novedosa y espectacular, Carlos Arniches construye para la Institución Libre de Enseñanza, un nuevo pabellón en la Residencia de Señoritas de la calle Miguel Angel en Madrid, junto al edificio decimonónico existente. En el destaca la gran escalera interior construida con bóveda tabicada. (fig. 8, fig. 9)

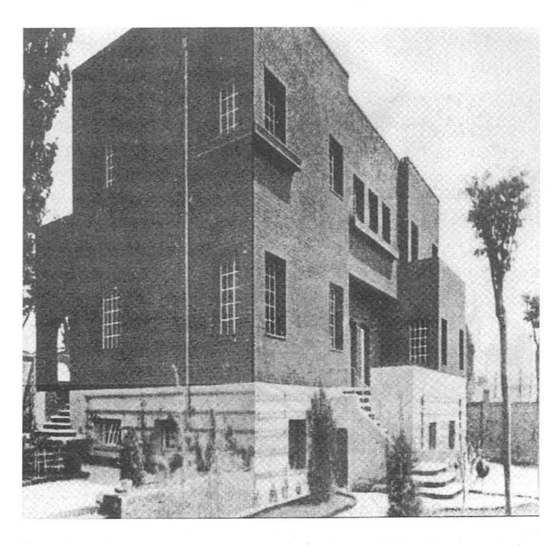


Figura 7
Casa para el Marques de Villora, 1929. Arquitecto Rafael Bergamín

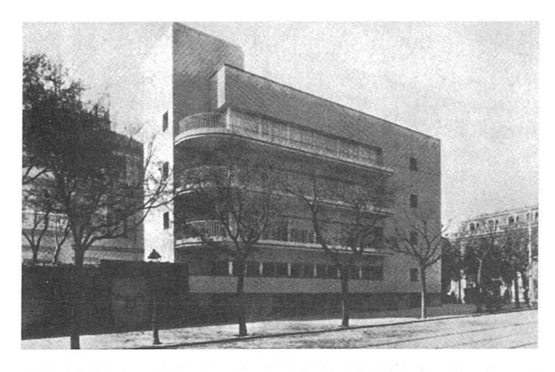


Figura 8
Residencia de Señoritas Estudiantes en Madrid, 1934. Arquitecto Carlos Arniches (Dieguez, 1997 271)

. . .

Aunque la construcción era simplísima en cuanto a los materiales empleados, los detalles eran elegantes y resaltaban ese estilo casi rayano en el ascetismo absoluto.

El único elemento que destacaba en el interior, a parte del efecto que producía la galería del pasillo, era la escalera, de una gran plasticidad, no sólo digna de mención desde el punto de vista estético y compositivo sino, muy especialmente, desde el constructivo, ya que se hizo íntegramente a la catalana . . . .(Diez-Pastor 2003, 144).

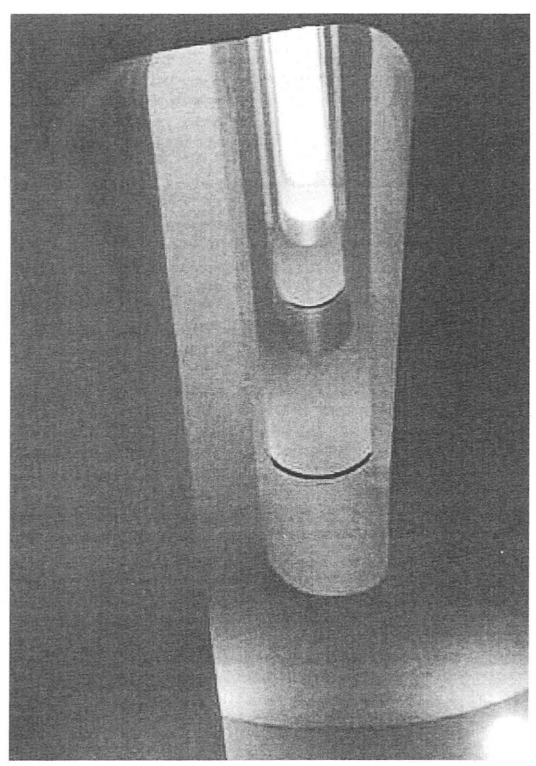


Figura 9
Residencia de Señoritas Estudiantes en Madrid, 1934. Imagen de la escalera, Arquitecto Carlos Arniches (Diez-Pastor 2003, 144).

En enero 1932, la Revista Arquitectura como órgano del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, dedica su numero completo a la memoria del fallecido Gustavo F. Balbuena, fundador entre otros de la revista. Escriben sobre él Secundino Zuazo, Torres Balbás, y J. Moreno Villa

Este ultimo en un artículo titulado «Algo sobre su arquitectura» en el que fotografías de algunas de sus obras explican su evolución desde su formación academicista hasta sus posturas racionalistas modernas. Es de reseñar especialmente sus comentarios sobre el interés de Balbuena por la construcción y el ladrillo como material, y en particular por la construcción tabicada.

. . .

Balbuena tenía hechos largos estudios, en sus correrías por Castilla y norte de España, acerca de este modo, tan

nuestro de construir. Y le regocijaba la impresión que hacían a los extranjeros algunas obras de rasilla que veían ejecutar, sin acabar de entender como podían resultar resistentes y estables. Las bóvedas fabricadas para las escaleras, por ejemplo. El acabamiento y perfección en sus obras de ladrillo es sencillamente magistral . . . (Moreno 1932)

Repasando la revista Arquitectura en los años coincidentes con los de la revista AC, es decir desde 1931 hasta 1936 ya que en Madrid la revista del Colegio de Arquitectos deja de publicarse en la guerra, hay también referencias graficas y escritas a la construcción tabicada. Puede que no sean tan numerosas como en AC, pero no porque muchas de las obras publicadas no la empleen, sino porque la línea editorial es bastante diferente entre ambas revistas. En Arquitectura, no se publican imágenes de escaleras con la profusión que en AC, y además se publican mas extensamente las grandes obras de hormigón armado material que en ese momento se desarrolla quizá mas Madrid por la influencia directa de Torroja.

Otras referencias:

Instituto de Segunda Enseñanza en Catalatayud, del arquitecto Regino Borobio (Revista Arquitectura 145 1931, 164–168).

Edificio en la calle Eduardo Dato con pasaje comercial, del arquitecto Eduardo Figueroa (Revista Arquitectura 147 1931, 236–239).

Albergue de Manzanares para el Patronato Nacional de Turismo de Domínguez y Arniches (Revista Arquitectura 148 1931, 260–273).

Auditórium del proyecto para la Residencia de Estudiantes de Arniches y Domínguez (Revista Arquitectura 169 1933, 144–145).

II Concurso de construcciones rurales organizado por la Dirección General de Ganadería (Revista Arquitectura 176 1933, 344–355).

Consecuencias de la guerra civil en la arquitectura moderna española. Sert y Bonet Castellana: continuidad del GATEPAC en el exilio

La guerra no solo acabó definitivamente con la arquitectura moderna en España, sino que truncó el desarrollo intelectual y profesional a varias generaciones completas de arquitectos, anulando cualquier posibilidad para continuar con el periodo anterior.

Los hay que mueren en la guerra, como Torres Clavé y Aizpurúa, y los arquitectos que se quedan en España, tanto del ámbito catalán como madrileño, sufren depuraciones e inhabilitaciones, algunas de por vida, con una contundencia tal que aniquila, incluso por supervivencia, cualquier posibilidad de continuidad de las ideas y el lenguaje modernos.

Otro gran grupo termina su vida en el exilio en Argentina, Colombia, Cuba, Chile, EEUU, Francia, Méjico, Polonia, Santo Domingo, Venezuela, etc.

De entre estos, destacan Bonet Castellana en Argentina y el de mayor reconocimiento internacional Josep Lluís Sert, en Estados Unidos. En ambos casos, su interés por los espacios abovedados, especialmente en edificios de poca altura y de escala domestica, cuyo origen hemos visto en las bóvedas tabicadas de las casas de Garraf en los años del Gatepac, se mantendrán a lo largo de su vida.

Este interés, en general ya no se traduce en construcciones tabicadas, casi con seguridad no por falta de interés en el sistema, sino por la imposibilidad de llevarlo a cabo en países tan ajenos a esta técnica. Una de las mejores cualidades de la vida profesional de Sert, fue la de saberse adaptar de la forma mas adecuada a los medios disponibles. Buen ejemplo de ello y relacionado con lo dicho, fue la construcción con Luis Lacasa y la colaboración de Antonio Bonet que en ese momento trabajaba en París en el estudio de Le Corbusier, del Pabellón de España en la Exposición Universal de Paris en 1937, en el que Luis Lacasa supo entender enseguida, que el anteproyecto de Sert pensado con elementos industrializados, y totalmente diferente al suyo planteado con técnicas tradicionales españolas, era mucho mas viable de realizar en Francia que el propio.

Antonio Bonet Castellana, que ingresó todavía como estudiante en el Gatepac en 1933, trabaja en esa época en el estudio de Sert y Torres Clavé, y forma con ellos la firma MIDVA (Muebles y Decoración para la Vivienda Actual), dedicada al diseño y a la producción de muebles en serie. En 1936 finaliza la carrera, y se traslada a París para trabajar en el Atelier de Le Corbusier.

En 1937, colabora con Sert y Luis Lacasa en la construcción de el Pabellón Español para la Exposición Internacional de 1937, y en el estudio de Le Co-

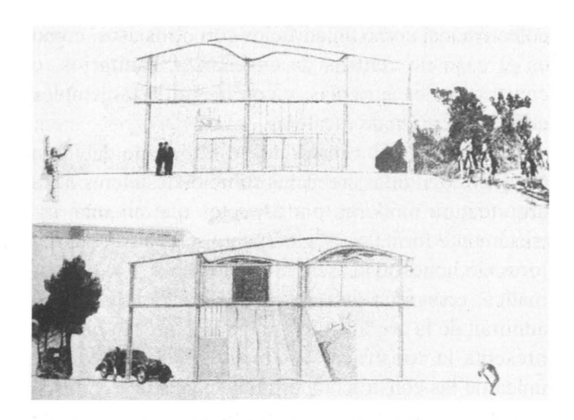


Figura 10
Dibujo para el proyecto de la Casa Jaoul en 1937, de Antonio Bonet en el estudio de Le Corbusier (Gulli 2002)

busier realiza, en colaboración de Roberto Matta, un anteproyecto para la Maison Jaoul, con formas abovedadas (fig. 10).

En 1938 se traslada a Buenos Aires, alcanzando un notable éxito como arquitecto, y realizando varios proyectos con formas abovedas, unas veces en hormigón y otras en fabrica armada y bóveda tabicada, como la casa Berlingieri en 1947, las casas en Martinez, 1941–57, en Buenos Aires, y la Galería Rivadavia también en Buenos Aires, 1957–59, con la utilización de bóvedas tabicadas en un edificio en altura. (fig. 11) (Flores 1961, 231)

Sert convierte en 1935, la casa tipo C de Garraf, imagen de portada del numero 19 de la revista A.C., en el referente claro de la posibilidad de plantear arquitectura moderna y construirla con materiales tradicionales, ente ellos y el mas característico en este caso, con bóveda tabicada. Pero no es el único ejemplo de ese periodo. También las utiliza en el Parvulario de Viladecans de 1935, y con mas claridad en el Pabellón escolar de Arenys de Mar, del mismo año.

Posteriormente a la guerra, en su exilio en Estados Unidos, plantea numerosos proyectos con formas abovedadas, que piensa por los motivos explicados anteriormente en distintos materiales según las circunstancias. Así, aunque en general son de hormigón, en 1942 proyecta las Ratio Structures, un sistema prefabricado de construcción de una estructura modular sin programa, en el que las cubiertas abovedadas se plantean prefabricadas de madera, aunque ya en 1938, unos bocetos de Sert en Londres muestran un sistema de bóvedas prefabricadas metálicas realizado en planchas galvanizadas acanaladas.

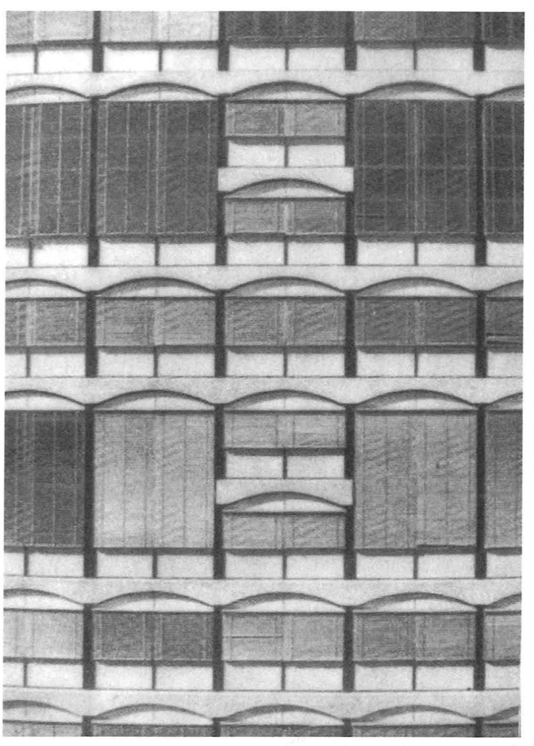


Figura 11
Galería Rivadavia en Buenos Aires, 1957–59. Arquitecto Antonio Bonet Castellana (Flores 1961, 231).

En julio de 1951, con motivo del CIAM VIII celebrado en Hoddesdon, Inglaterra, Sert y Le Corbusier se encuentran, y Sert le proporciona información sobre la construcción con bóveda tabicada y el nombre del maestro de obra catalán emigrado a Francia, Doménech Escorsa, como experto en el empleo de la técnica tabicada, según reflejan las anotaciones de Le Corbusier en su cuaderno (fig. 12).

Hay constancia de más de una reunión, y este hecho tiene incidencia en tres proyectos que esta desarrollando, las casas Jaoul en París, y la casa Sarabhai y las maisons des peons para el poblado del Gobernador de Chandigardh, ambas en la India.

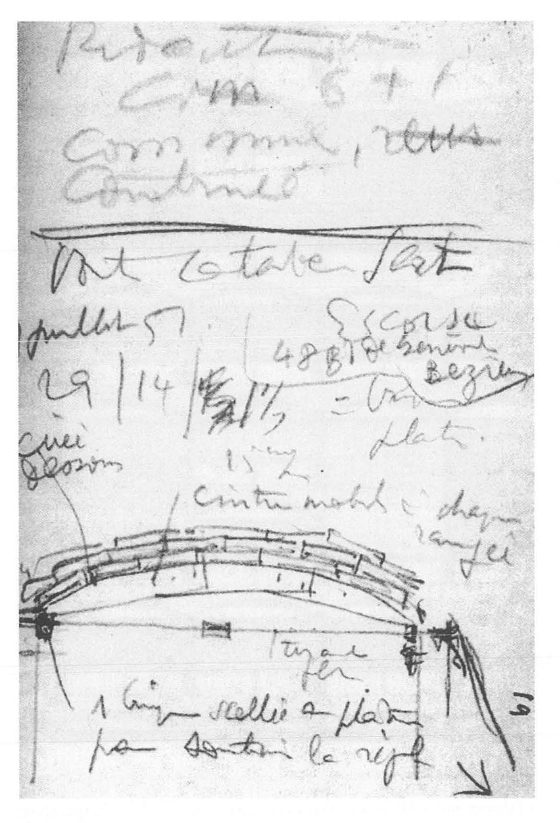


Figura 12
Le Corbusier Cuaderno E21, 1951
En el cuaderno E21 se puede leer «bóvedas catalanas, Sert, Escorsa, 48 Bd. de Geneve, Béziers –9 julio 51–29, 14, 1,5=ladrillo yeso-15 cm/m-cer debajo, cimbra móvil cada fila, tirante de hierro, 1 ladrillo fijado con yeso para sostener el listel» (Gulli 2002)

Conclusiones

En el movimiento moderno español la bóveda tabicada se empleó de una manera racional y singular dentro de sus planteamiento generales en la búsqueda de una arquitectura verdadera, tanto en Madrid como en Barcelona.

No es que el uso de la construcción tabicada sea simbólico de forma generalizada, o el mas empleado, sino que pervive y convive con nuevas técnicas de forma natural en un numero importante de edificios, en viviendas unifamiliares y en edificios de vivienda colectiva, así como en edificios con otros usos, como es el caso de centros de enseñanza, sanitarios, o construcciones agrícolas, y con magníficos ejemplos en la realización de escaleras.

Este hecho, poco reseñado posiblemente debido a algunas extendidas creencias sobre el desinterés de la arquitectura moderna por aspectos que no sean estrictamente formales, seguramente se debe a esos valores de honestidad, sencillez, tradición local y climática, economía de medios y sobriedad, que tanto admiran de la arquitectura popular, y que tan bien representa la construcción tabicada. De hecho, es la única de las construcciones abovedadas que el movimiento moderno asume como propio.

Su uso como configurador espacial, esta asociado a la escala humana de los proyectos, y alcanza sus mejores ejemplos en viviendas unifamiliares y grupos escolares, y con frecuencia asociado al concepto de repetición, tanto en ese periodo como posteriormente en los ejemplos mencionados de Bonet Castellana, Sert y Le Corbusier.

Cuando la singularidad de la obra plantea grandes tamaños, la técnica tabicada no puede competir con el desarrollo y posibilidades del hormigón armado desde la perspectiva del pensamiento moderno (caso aparte es la obra de Guastavino). Le Corbusier es un buen ejemplo de ello. Las potentes y singulares formas de los edificios representativos de Chandigard están planteados desde el primer momento en hormigón, pero cuando se plantea la construcción del conjunto de viviendas para peones lo hace con bóveda tabicada. ¿Cómo llevar a cabo si no, con la escasez de medios de allí, ese numero repetido de bóvedas en hormigón realizado in situ?. Posiblemente Le Corbusier se plantea su construcción tabicada, en la idea de que al ser una técnica rápida, eficaz y barata de realizar, podía merecer la pena su aprendizaje y empleo en la India, debido al amplio número a realizar.

Es conocido el auge que la construcción con bóvedas tabicadas tuvo de forma temporal en la posguerra española, con su recuperación a través de Luis Moya, Asís Cabrero o Rafael Aburto.

En su renacimiento influyó, además de la escasez de materiales del momento, la situación política del país y el nuevo régimen, que prefirió ensalzar otra visión de la arquitectura frente a la desconfianza que le producía la arquitectura moderna, representada ideológicamente con claridad durante la Republica a través del GATEPAC y la Generación del 25.

No obstante, solo Moya continua realizándolas en el tiempo, alejado de planteamientos modernos. Tanto Aburto como Asís Cabrero, que las emplean puntualmente en los primeros años de posguerra, no las utilizan después en su obra posterior.

En ese sentido, y contrariamente a lo que se suele creer, la bóveda tabicada ha tenido más trascendencia en los radicales planteamientos del movimiento moderno.

Lista de referencias

Boesiger, W. 1946. *Le Corbusier. Ouvre compléte 1938–1946. Vol.4.* Zurich: Les Editions d'Architecture. Artemis.

Boesiger, W. 1953. *Le Corbusier. Ouvre compléte 1946–1952. Vol.5.* Zurich: Les Editions d'Architecture. Artemis.

Boesiger, W. 1957. *Le Corbusier et son atelier rue de Sèvres 35.. Ouvre compléte 1952–1957. Vol.6.* Zurich: Les Editions d'Architecture. Artemis.

Bohigas, Oriol. 1998. *Modernidad en la Arquitectura de la España Republicana.* Barcelona: Tusquets.

Diéguez Patao, Sofia. 1997. *La Generación del 25. Primera arquitectura moderna en Madrid.* Madrid: Cátedra.

Diez-Pastor, Concha. 2003. *Carlos Arniches y Martín Domínguez, Arquitectos de la generación del 25.* Madrid: Mairea.

Flores. Carlos [1961] 1989. *Arquitectura Española Contemporánea, I 1880–1950.* Madrid: Aguilar.

García-Quiñones, Belen. 2005. *AC. Publicación del G.A.T.E.P.A.C.* Edición facsímil de los 25 números de la revista, publicados entre 1931 y 1937. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos.

Gulli, Ricardo. 2002. La huella de la construcción tabicada en la arquitectura de Le Corbusier. En las *Bóvedas de Guastavino en América.* Libro del catálogo de la exposición, editado por S. Huerta, 73–85. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Mannino, Edgardo y Paricio Ignacio. 1983. *J. Ll. Sert: Construcción y Arquitectura.* Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A.

Moreno Villa, José. 1932. Algo sobre su arquitectura. En *Revista Arquitectura 153,* 19–23. Madrid: COLEGIOS Oficial de Arquitectos de Madrid.

Paricio Casademunt, Antoni. 1996. La innovación tecnológica de las cubiertas planas del GATCPAC. *Libro de Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Madrid 19–21 de septiembre de 1996.* Editado por A. de las Casas, S. Huerta y E. Rabasa, 419–422. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Paricio Casademunt, Antoni. 2000. El GATCPAC, impulsor en el uso de los nuevos materiales. *Libro de Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Sevilla 26 a 28 de octubre de 2000.* Editado por A. Graciani, S. Huerta, E. Rabasa, y M.A. Tabales, 789–794. Madrid: Instituto Juan de Herrera, Universidad de Sevilla, CEHOPU.

Revista Arquitectura. 1931–1936. Madrid: Sociedad Central de Arquitectos y Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

Urrutia, Angel. 2002. *Arquitectura española contemporánea. Documentos escritos, testimonios inéditos.* Madrid: COAM.

Algunos ejemplos de ingeniería prehistórica poco conocidos: tres poblados amurallados del Bronce medio de la sub-Meseta norte

José Antonio Rodríguez Marcos
Sergio Moral Del Hoyo

Desde que la humanidad hace acto de presencia sobre la faz del planeta Tierra ha dejado recuerdo de su paso en forma de múltiples evidencias constructivas. Éstas se hacen especialmente numerosas, por lo que a los tiempos prehistóricos se refiere, a partir del momento en que se adopta un sistema económico basado en la producción de alimentos. El desarrollo de la agricultura y la ganadería obliga a los grupos humanos a permanecer cada vez más tiempo en un mismo lugar. Este hecho, unido al crecimiento demográfico producido a partir del Neolítico, hace que, cada vez en mayor medida, los esfuerzos comunales se orienten a la erección de notables obras de ingeniería.

En el territorio castellano-leones, desde el Neolítico y hasta el final de los tiempos prehistóricos, tenemos noticia de esta clase de evidencias; algunas son de sobra conocidas por el común de la sociedad, otras permanecen en el más absoluto anonimato. Al primero de estos apartados pertenecen, por ejemplo, las monumentales construcciones (dólmenes o megalitos), a base de enormes lajas de piedra, o las complejas e imponentes murallas, propias de los castros de la Edad del Hierro de los pueblos prerromanos de la Meseta. En el segundo apartado se situarían otras, como es el caso de una serie de fortificaciones que cierran los accesos a algunos de los poblados de la Edad del Bronce del centro de la cuenca del Duero. Se trata de una serie de estructuras que, pese a su monumentalidad, han pasado prácticamente desapercibidas hasta el momento actual. Este foro nos ofrece la oportunidad de romper tal obstracismo, así como la posibilidad de tratar la particular problemática que representa su erección en el seno de unas sociedades escasamente complejas.

Yacimientos

Castro de La Plaza (Cogeces del Monte, Valladolid)

Localizado en el extremo occidental del término municipal de Cogeces del Monte, el Castro de La Plaza se asienta a una altura de 879 metros sobre el nivel del mar, en un promontorio situado en el extremo de una estrecha lengua de páramo, desde donde domina la confluencia de los arroyos Valcorba y Cogeces.

Ya conocido desde antiguo en la bibliografía arqueológica (Agapito 1927; Palol y Wattenberg 1974), no fue hasta los años ochenta cuando, a raíz de una nefasta noticia, se realizaron en él los primeros trabajos sistemáticos de la mano de Delibes de Castro y Fernández Manzano. Efectivamente, poco tiempo antes había tenido lugar la casi total destrucción de la muralla del yacimiento para servir de escombro en el firme de una carretera. Este hecho motivó una intensa prospección de este enclave arqueológico, con una superficie cercana a las 17 hectáreas, que entre otras cosas permitió desmentir la ocupación del lugar durante la II Edad del Hierro (no se encontró el más mínimo resto) y confirmar algunos datos más sobre la

ya desaparecida muralla, erigida durante el Bronce medio (Delibes y Fernández Manzano 1981). Así, podemos saber que dicha muralla se ubicaba en la zona sureste del castro, la cual es la que presenta un más fácil acceso. Se emplearon bloques desiguales de caliza sin escuadrar entremezclados con tierra para sus cerca de 200 metros de longitud, alcanzando los 20 de ancho y hasta 4 metros de alto en algunos puntos. Tendría una única entrada simple que vendría a coincidir, muy probablemente, con el camino moderno que lleva a Cogeces del Monte.

Tres intervenciones arqueológicas posteriores, llevadas a cabo en primavera y verano de 1980 y verano de 1986, esta última realizada sobre un pequeño tramo que aún se conservaba intacto, han venido a confirmar dichos datos y a aportar algunos aspectos novedosos. Así se pudo detectar un nivel de incendio en la propia muralla, con abundantes troncos de madera quemados y algunos bloques de caliza convertidos en cal viva, que no solo nos indica el momento a partir del cual la muralla comenzó su proceso de destrucción,[2] sino que además, el hecho de que aparezcan multitud de troncos de madera junto a la muralla nos lleva a pensar en que ésta poseía algún tipo de encofrado de madera destinado a conferirla una mayor solidez (Rodríguez Marcos 2005).

En cuanto a los sondeos efectuados en el interior del recinto poco más pudieron aportar, ya que no se reconocieron evidencias de estructuras ni nada por el estilo. De hecho la estratigrafía es coincidente con las anteriores catas.



Figura 1
Vista aérea del yacimiento de La Plaza. Las flechas blancas señalan la cicatriz de la antigua muralla



Figura 2
Vista parcial de la excavación llevada a cabo sobre la muralla del yacimiento

Pico Aguilera (Villán de Tordesillas, Valladolid)

Emplazado sobre un amplio espigón de páramo en el reborde meridional de los Montes Torozos, es mencionado por vez primera por Rafael Galván, quien cita la presencia de «una especie de torre artificial en la entrada con un reciento anterior de piedras amontonadas». (Galván 1983).

Con una altitud de 833 metros sobre el nivel del mar y unas pendientes escarpadas, el único acceso desguarnecido al lugar se sitúa en dirección este, en la unión de la planicie con la paramera. Sin embargo, dicho acceso se halla interrumpido por una barrera en forma de creciente, de una longitud aproximada de 63 metros, que lo cruza por completo. En los sectores mejor conservados el muro tiene una anchura de unos 13 metros. Está formado por calizas del páramo de tamaño mediano (entre 30 y 40 cm aproximadamente), y en los puntos en los que se han producido algunas remociones recientes se puede observar su construcción a base de piedras y tierra sin revestimiento alguno. Actualmente no se aprecia ninguna interrupción en su trazado que pudiera evidenciar una antigua entrada, si bien es cierto, como antes comentábamos, que actividades recientes relacionadas con la agricultura han podido afectar al primitivo acceso al recinto. El espacio interior de la



Figura 3
Vista aérea del yacimiento de Pico Aguilera. Las flechas blancas señalan la posición de la muralla y la torre



Figura 4
Restos de la muralla de Pico Aguilera tal y como se ven actualmente.

muralla presenta unas 3 hectáreas más o menos. Actualmente se encuentra cubierto por pinos de repoblación y monte bajo, lo que dificulta enormemente la recuperación de evidencias arqueológicas, a pesar de lo cual nos ha sido posible recuperar algunos fragmentos de cerámicas decorados de clara filiación con el Bronce medio Protocogotas (Rodríguez Marcos 2005).

En cuanto a la torre anteriormente mencionada solo cabe decir que, si bien es cierto que a unos 40 metros en dirección al interior del castro se puede observar un amontonamiento de piedras y tierra, de planta circular e indudable origen antrópico, personalmente no nos creemos en condiciones de manifestarnos a favor ni en contra de su pertenencia a una antigua torre u otro tipo de construcción, al menos hasta que no se desarrollen los necesarios trabajos arqueológicos en el lugar.

Cuesta de La Horca (Cevico Navero, Palencia)

Situado en el centro de la unidad denominada Páramos del Cerrato, en el suroeste palentino, se localiza próximo al núcleo urbano de Cevico Navero el yacimiento de Cuesta de La Horca. A 913 metros sobre el nivel del mar, domina la confluencia de los arroyos Valdefuentes y Cerrato y los vallejos que discurren a sus pies.

La acusada pendiente en sus laderas ofrece una protección natural al emplazamiento. Únicamente en el noreste, en la unión con el páramo, es más fácil el acceso. Y es precisamente en esta zona donde se localiza la muralla, de unos 217 metros de longitud. Su aspecto externo es el de un imponente lomo de piedras, con unas dimensiones que alcanzan los 22 metros de ancho por más de 3 metros de altura como término medio. Está compuesta por bloques de caliza de diverso tamaño; desde grandes piedras con un metro de eje mayor hasta pequeños cantos de 20 cm de longitud. Encerrando una superficie cercana a las 5 hectáreas, su situación actual es de franco deterioro y los múltiples desprendimientos que se han ido produciendo con el paso de los años hacen que nos sea imposible conocer su sistema constructivo sin recurrir a la excavación arqueológica (Rodríguez Marcos 1996).

Un estudio sobre la fotografía aérea digitalizada y georreferenciada con el programa IDRISI, llevado a cabo por el Dr. Miguel Moreno Gallo, a quien agradecemos el permiso para poder utilizar sus datos, nos permite, entre otras cosas, aproximarnos con cierta precisión a la longitud del muro y su volumen global. Así se obtienen los 217 metros de longitud de la muralla y un volumen global de más de 9500 mΔ. Con estas cifras facilitadas, y tomando un supuesto rectángulo cuyo lado de destino es la muralla, la longitud de acarreo medio de las piedras es de 113,67 metros. Por último, en un cálculo sobre el rendimiento,

observamos que serían necesarias 20 personas trabajando permanentemente durante un año y medio para concluir la construcción de la muralla, a una media de 10.652 jornadas de trabajo de 8 horas cada una.

Dicha muralla, únicamente ve interrumpido su desarrollo en un punto situado en el tercio norte de la misma, donde se encuentra la entrada del camino que atraviesa actualmente el muro, formando un curioso viraje. Es más que probable que se trate de la antigua entrada del castro que da acceso a las cuatro hectáreas que rodea. A pesar de que actualmente en su interior se desarrollan labores de agricultura, en una de nuestras visitas al lugar pudimos recuperar un material, fundamentalmente cerámico, de superficie que encuadra la primera ocupación del yacimiento en los inicios del Bronce medio meseteño, siendo más que probable su perduración hasta los momentos finales, tal y como parecen apuntar algunas piezas decoradas con técnica de Boquique (*Ibidem* 1996).



Figura 5
Vista aérea del yacimiento Cuesta de la Horca. Las flechas blancas señalan el trazado de la muralla

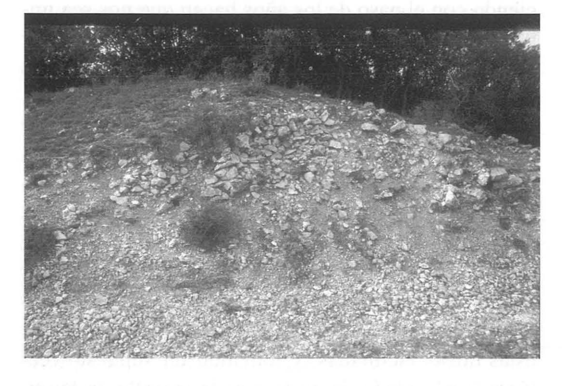


Figura 6
Amontonamiento de piedras formando parte de la muralla de Cuesta de La Horca

Discusión y conclusiones

Una vez descritos los emplazamientos, los caracteres de los yacimientos así como su cronología, creemos conveniente interesarnos, siquiera brevemente, por la forma de ocupación del territorio que se desarrolló en esta zona del valle medio del Duero, y más concretamente el área ocupado por los páramos calcáreos que se distribuyen por las provincias de Palencia y Valladolid durante el Bronce medio. Sin detenernos en exceso en describir el medio físico, si nos parece interesante dejar constancia de la importancia que adquirieron algunos elementos geomorfológicos, como es el caso de los altos páramos y el fondo de los valles, para los pobladores de la zona durante los inicios del Bronce medio. Efectivamente, tal y como han revelado los Inventarios Arqueológicos, ambos elementos están íntimamente relacionados con el tipo de hábitat y el modelo de poblamiento de la zona. Así podemos diferenciar los asentamientos en un par de categorías genéricas; la primera sería la de los enclaves tipo castro, como los comentados líneas arriba, que comparten una serie de rasgos característicos tales como situarse en plataformas de espigones de páramo por encima de los 800 metros de altitud, dotarse de notables estructuras amuralladas que cierran el acceso más fácil al lugar y poseer un tamaño desmesuradamente grande, que va de las tres hectáreas de Pico Aguilera a las diecisiete de La Plaza. En una segunda categoría entrarían toda una pléyade de yacimientos menores de una hectárea que se sitúan en los alrededores de estos castros, sobre tierras fértiles, cercanos a recursos hídricos y con escasa o nula preocupación por las posibles condiciones defensivas del emplazamiento (fig. 1). Esta distribución aparente trasmite una imagen, desde el punto de vista poblacional, enteramente semejante entre sí.[3]

El patrón de ocupación del espacio que parece discernirse de lo anteriormente comentado es el de

grandes asentamientos defensivos ubicados en altos difícilmente accesibles que se acompañan de pequeñas ocupaciones de fondo de valle, orientadas quizá a la producción de bienes agropecuarios y dependientes del asentamiento de mayor tamaño. En este sentido, y pese a las dificultades que conlleva desentrañar la verdadera naturaleza de esta relación, resulta tentador pensar que los poblados amurallados jugaron el papel de auténticos poblados jerárquicos respecto a las ocupaciones de los valles, algo ya documentado en otros lugares de la península Ibérica (Nocete 1989; Burillo 1997). Estaríamos pues ante un núcleo fijo, aglutinador de las poblaciones asentadas en su entorno más o menos próximo. Quizás incluso organizados entre sí como auténticas entidades autárquicas e independientes dado que, al contrario que ocurre en los momentos previos (Rodríguez Marcos y Moral e.p.), estos «centros jerárquicos» ni siquiera están relacionados visualmente entre sí.

Empero cabe en este punto llamar la atención sobre un aspecto que no acaba de encajarnos del todo en el planteamiento general. Nos estamos refiriendo en concreto al tamaño, totalmente desmesurado para un poblado de esta época, que poseen los yacimientos amurallados protagonistas de este escrito. En efecto, en cualquiera de los tres casos mencionados anteriormente, estamos ante supuestos poblados permanentes que superan las tres hectáreas de terreno según la plataforma encerrada por la muralla. Sin embargo, y a pesar de que solo uno de ellos, La Plaza, cuenta con diversas intervenciones sistemáticas a modo de excavación, aún no se ha reconocido ningún tipo de material de construcción, léase pellas de barro con improntas de ramas, agujeros de poste u otras

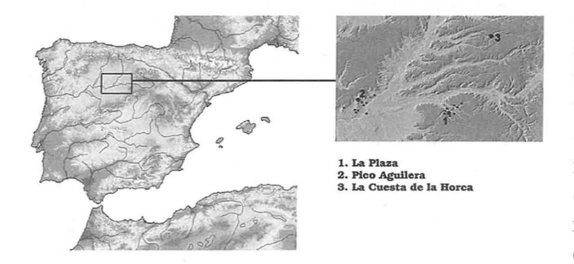


Figura 7
Mapa de situación de los yacimientos citados en el texto junto a los que se conocen a su alrededor durante el Bronce medio

evidencias que avalen la teoría de un lugar de habitación permanente.[4] Por otro lado, esta ausencia coincide con las nada frecuentes evidencias de un auténtico poblado en su interior. Nos estamos refiriendo a que, a pesar de que en algunos de los casos los lugares son aptos, incluso apropiados, para el desarrollo de actividades económicas tipo ganadería, por ejemplo en el Castro de La Plaza, o agrícolas, como las actuales que se llevan a cabo en el recinto de La Cuesta de La Horca, son muy escasos los elementos prehistóricos que apuntan en esa dirección. Así, la casi total ausencia de dientes de hoz y elementos de molienda, unido a la casi nula presencia de restos de fauna, inciden en esta misma dirección.

En buena lógica, si desestimamos que las actividades mencionadas llegasen a practicarse en este enclave y, por tanto, que estos asentamientos pudieran haber dado cobijo de forma continuada a una comunidad más o menos amplia, deberíamos explicar por qué estos yacimientos, con características tan similares entre sí, están «defendidos» por obras de ingeniería tan importantes, sobre todo a nivel de esfuerzo invertido. En este sentido, una hipótesis que nos parece viable es la que considera que podemos encontrarnos ante lugares dedicados fundamentalmente en origen a servir, desde una perspectiva social, a referentes de una territorialidad respecto a las distintas unidades de asentamiento que se desarrollaron en su entorno próximo y con las que, de ser sincrónicas, debieron relacionarse. En nuestra opinión, de todas estas consideraciones, lo que se desprende es que no se trata de asentamientos coercitivos con respecto a las comunidades vecinas, ocupados permanentemente por una élite social que controla los recursos y ejerce un poder efectivo sobre la zona. Más bien debe tratarse de enclaves estratégicos que no son ocupados de forma continuada, sino únicamente en momentos especiales, con el fin de fomentar la agregación de las comunidades mediante celebraciones de algún tipo, orientadas quizás a la resolución de tensiones surgidas en el seno de estas sociedades que explotan económicamente el espacio circunscrito. Y es, precisamente, en esta idea donde radicaría la construcción de las murallas, sin duda merecedoras, como señalábamos en el caso de La Cuesta de La Horca, de un gran esfuerzo humano. Su construcción se debería a la aportación de diversos colectivos que forman parte de un grupo social, identificado por rasgos comunes como puede ser la semejante forma de decorar sus cerámi-

cas, con pretensión de rebajar las tensiones surgidas o convertirse en símbolos de la comunidad que lo ha erigido.

NOTAS

1. Área de Prehistoria. Universidad de Burgos. La labor investigadora de S. M. es posible gracias a una beca predoctoral de la Fundación Siglo para las Artes en Castilla y León.
2. De este nivel de incendio se extrajeron dos dataciones de carbono 14; GrN–10617: 3275 ± 30 BP y GrN–14560: 3275 ± 30 BP, encuadrables ambas en el Bronce medio meseteño y que encajan a la perfección con los materiales recuperados.
3. En el caso del yacimiento palentino de La Cuesta de La Horca, si bien desconocemos el poblamiento de su entorno durante el Bronce medio debido a la inexistencia de Inventario Arqueológico en esta zona, las similitudes presentadas con los yacimientos de La Plaza y Pico Aguilera nos hacen pensar que seguiría sus mismos patrones.
4. En La Cuesta de La Horca cabe señalar que se han documentado algunos manchones negruzcos en superficie, de unos 7–10 metros de diámetro, que han sido interpretados como posibles fondos de cabaña (Rodríguez Marcos 1996) aunque, como apunta el autor de este trabajo, es posible que pertenezcan al momento final del Bronce medio y no se correspondan cronológicamente con los momentos iniciales que estamos tratando en este trabajo.

LISTA DE REFERENCIAS

Agapito y Revilla, J. 1927. «Lo prehistórico, protohistórico y romano en la provincia de Valladolid». En *Boletín de la Comisión de Monumentos Históricos y Artísticos de la provincia de Valladolid* 6, 62. Valladolid.

Burillo Mozota F. 1997. «El sistema ibérico turolense durante el segundo milenio a.C.» En. *Saguntum* 30. Vol. II, 29–58. Valencia.

Delibes de Castro G. y Fernández Manzano J. 1981. «El castro protohistórico de "La Plaza" en Cogeces del Monte (Valladolid). Reflexiones sobre el origen de la fase Cogotas I». En *BSAA* XLVII, 51–70. Universidad de Valladolid.

Galván Morales, R. 1983. «Esquema evolutivo de las distintas fases culturales de Torozos, Pisuerga y Cerrato. Prehistórico». En Mañanes T. (Ed). *Arqueología vallisoletana II. Torozos, Pisuerga y Cerrato (Estudios arqueológicos de la Cuenca del Duero),* 97–125. Valladolid: Institución Cultural Simancas. Diputación Provincial de Valladolid.

Mañanes Pérez, T. 1983. *Arqueología vallisoletana II. Torozos, Pisuerga y Cerrato (Estudios arqueológicos de la Cuenca del Duero).* Valladolid: Institución Cultural Simancas. Diputación Provincial de Valladolid.

Nocete F. 1989. «El espacio de la coerción. La transición al Estado en las Campiñas del Alto Guadalquivir (España): 3000–1500 a.C.» En *BAR Internacional Series* 492. Oxford.

Palol, P. y Wattenberg, F. 1974. *Carta arqueológica de España. Valladolid.* Valladolid: Diputación Provincial de Valladolid, Servicio de Investigaciones Arqueológicas.

Reyes, F. y Menéndez, Mª. L. 1987. «Sistemas defensivos altomedievales en las comarcas del Duratón-Riaza (siglos VIII–X)». En *II Congreso de Arqueología Medieval Española.* Madrid 1987. Tomo III, 631–639.

Rodríguez Marcos J. A. 1996. «La Cuesta de la Horca en Cevico Navero (Palencia). Un nuevo yacimiento amurallado de facies proto-cogotas I». En *Actas del III Congreso de Historia de Palencia.* Vol. I Palencia 1995, 93–115.

Rodríguez Marcos J. A. 2005. *Estudio secuencial de la Edad del Bronce en la Ribera del Duero (Provincia de Valladolid).* Tesis doctoral inédita. Universidad de Valladolid.

Rodríguez Marcos J. A. y Moral del Hoyo S. e.p. «Algunas notas acerca del poblamiento campaniforme en el sector vallisoletano de la Ribera del Duero». En *Zephyrus.*

Sacristán de Lama, J. D. 1986. *La Edad del Hierro en el Valle medio del Duero. Rauda (Roa, Burgos).* Universidad de Valladolid.

Fuentes para el estudio de la construccion de infraestructuras hidraulicas antiguas

María Luisa Ruiz Bedia
Almudena Herrera Peral
Beatriz Ruiz Gómez
Marta Casanova Sanjuán
Rafael Ferrer Torío

Sobre el estudio de las antiguas infraestructuras y aprovechamientos hidráulicos

Lo que caracteriza a las fuentes para el estudio de antiguas infraestructuras hidráulicas —azudes y canales para derivación de agua que servían a pequeños aprovechamientos hidráulicos como molinos, batanes, ferrerías, fundiciones, serrerías, etc . . . — es la dispersión física y territorial. En muchos casos, y dada la propia naturaleza de las obras, no se trata de fuentes específicas, como puede ser un proyecto de construcción o reparación, u otro documento propio de la ejecución de una obra de ingeniería. A ello se une que, salvo excepciones, la mayoría son desconocidas en los ámbitos habituales de difusión de estos temas, y solo se sabe de su existencia, y a veces ni eso, en los espacios regionales o locales.

Desde las últimas décadas del siglo XX se ha constatado un notable interés por los estudios históricos de carácter local y regional, a cuyo amparo se han dado a conocer numerosos catálogos e inventarios de diversa naturaleza, unas veces compuestos por investigadores y otras por eruditos locales. En ellos, la presencia de los aprovechamientos hidráulicos no es ni suficientemente representativa no suele estar bien tratada. Unas veces es porque pensar en estas obras de ingeniería como parte del patrimonio aún no es habitual, otras por la desinformación y/o escasa formación de quienes abordan estas tareas, y otras por la inexistencia de bancos de información clasificada y ordenada sobre las infraestructuras del agua que ayude a un trabajo sistemático y productivo.

Además de la identificación y localización de estas obras de ingeniería, labor básica y fundamental, es importante proceder a su documentación en el espacio geográfico y en el tiempo histórico para poder dotarles del significado que tienen y han tenido, y entender la relación con la ordenación del territorio y el paisaje.

La variedad, y sobre todo dispersión, de las fuentes que sirven para esta tarea es lo que ha motivado que se elabore este texto, que además está sustentado en una experiencia reciente, que ha consistido en la catalogación de un centenar de antiguos aprovechamientos hidráulicos, con especial atención a sus infraestructuras, en la cuenca de los ríos Pas y Pisueña (Cantabria), trabajo que ha contado con una ayuda del CEDEX-CEHOPU enmarcada en el fomento para la realización de proyectos de investigación que contribuyan a la difusión de la evolución de la técnica y la ciencia a lo largo de la historia.

Tipos de fuentes para el estudio de la construcción de infraestructuras y aprovechamientos hidráulicos antiguos

Para el estudio de la infraestructura hidráulica propiamente dicha la fuente fundamental es el proyecto de ingeniería, que consta de varios documentos: me-

moria descriptiva, planos, pliego de condiciones y presupuesto. Además, pueden conservarse adjunto el expediente administrativo de la obra, donde se registran todos los pasos seguidos en su tramitación, muy útil para entender la evolución temporal y procedimiento de este tipo de obras. Dependiendo de la envergadura de la obra proyectada y del organismo financiador, al proyecto le puede anteceder un anteproyecto y continuarse con un replanteo, modificados y liquidación. Es el caso, por ejemplo, de las infraestructuras proyectadas y construidas para captar y conducir agua para saltos hidroeléctricos que se construyeron en las primeras décadas del siglo XX.

Lo que proporcionan estos proyectos, especialmente los documentos de memoria y planos, es una definición precisa de la geometría de la obra, sus dimensiones y disposición —que se puede cotejar en el campo con los restos encontrados—, así como una detallada explicación de los materiales con que se ejecutó, o las razones por las que se decidió ese emplazamiento. También es frecuente que las memorias, aunque esto depende de la capacidad personal de cada ingeniero autor del proyecto para la expresión escrita, resuman los sucesos más relevantes acaecidos en la zona, como pueden ser grandes y pequeñas avenidas, guerras u otros incidentes que ayuden a entender la obra que se analiza.

Lo usual es que estos proyectos vayan acompañados de documentos en los que se registran el caudal captado concedido, la fechad de concesión, incidencias en el mismo, nombre del concesionario . . . etc; todo ello sirve para establecer la vigencia de la obra analizada.

El mejor lugar para consultar este tipo de fuente es el archivo de las Confederaciones Hidrográficas, que es donde se custodia el mayor número de documentos relacionados sobre un mismo aprovechamiento. En su defecto puede hacerse también en el Archivo General de la Administración (AGA) —aunque no es un registro demasiado completo—; o en las sedes sociales de las empresas propietarias de las obras estudiadas, por ejemplo, una compañía hidroeléctrica, aunque en estos casos, y debido a las sucesivas adquisiciones de las pequeñas por las más grandes, no es frecuente que tengan bien archivados los documentos antiguos de las pequeñas fábricas de luz de ámbito local.

En el caso de que las infraestructuras y aprovechamientos analizados sean anteriores a la mitad del siglo XX, nada infrecuente, no existen los proyectos propiamente dichos, porque o no existía aún el cuerpo de ingenieros como tal o estaba en sus orígenes y no se había sistematizado la elaboración de los proyectos. Entonces se hace preciso recurrir a las descripciones de las obras y reparaciones realizadas por maestros canteros o carpinteros, u otros profesionales. Este tipo de documentos no son tan precisos como los anteriores y a veces inducen a equívocos porque, por ejemplo, las unidades de medida (longitudes, capacidad . . .) responden a unidades locales que no siempre se pueden unificar a un patrón común.

Igualmente, la explicación de los procedimientos constructivos no suele ser fácilmente entendible por el uso de vocablos locales o del argot constructivo de los artífices, y no se sabe con precisión que están expresando. A cambio, si se consiguen superar estos inconvenientes, son documentos muy ricos y de gran valor porque expresan tradiciones constructivas de la tecnología popular muy interesantes y poco conocidas.

Este tipo de documentos se ha localizado en lugares como archivos municipales, locales y regionales, unas veces dentro de la sección de Secretaría (expedientes de construcción de obras); Urbanismo (obras municipales, particulares, industrias); Patrimonio (Bienes: arrendamiento, cesión, expropiaciones, subastas, ventas); y muchas otras entre la documentación notarial, por ejemplo en los protocolos notariales, donde figuran en los textos de testamentos y documentos de compra-venta.

Para aprovechamientos hidráulicos más antiguos, por ejemplo de la edad Medieval, hay que recurrir a textos publicados en cartularios y colecciones diplomáticas de los monasterios y sedes episcopales que tuvieran intereses en el ámbito geográfico de estudio. La principal dificultad para tratar esta fuente es que se necesita disponer de conocimientos en paleografía, ya que no todos están transcritos, y aunque lo estén son precisos unos conocimientos mínimos básicos para su explotación adecuada.

Los Tratados de Construcción clásicos y los Manuscritos, como *Los Veintiún Libros de los Ingenios y de las Máquinas*, *Los Diez Libros de Arquitectura* de M. Vitrubio o el *Machinae Novae* de F. Veranzio proporcionan información teórica y clasificaciones, recomendaciones constructivas, tipológicas . . . etc. que pueden ponerse en relación con las obras anali-

zadas, pero que, por su menor entidad física o trascendencia o lejanía geográfica respecto de las grandes obras de la ingeniería hidráulica clásica, no sirven para caracterizarlas. La única excepción encontrada en nuestro ámbito de estudio ha sido el texto de P. B. Villarreal de Bérriz, *Fábricas Hidráulicas de Molinos y Herrerías*, debido a su más que probable presencia en el valle del río Miera (Cantabria) donde hay dos azudes construidos según las recomendaciones tipológicas y geométricas del citado autor.

Es mucho más abundante la información sobre los avatares del aprovechamiento hidráulico, especialmente si se trata de un molino harinero, y también de algún tipo de factoría preindustrial como batanes, ferrerías, fábricas de papel, de curtidos, textiles . . . En el caso de nuestro ámbito de estudio el aprovechamiento más frecuente han sido los molinos, las fábricas de luz, las ferrerías y los batanes, que aquí se denominan «pisones». Una primera aproximación a su existencia la proporcionan los libros y folletos antiguos, por ejemplo en las descripciones de la provincia. En ellas se ofrece una enumeración, a veces acompañada de una somera descripción, de los principales establecimientos industriales clasificados por zonas. El principal inconveniente es que, salvo excepciones, no se localiza con precisión el aprovechamiento a que se alude, lo que dificulta su identificación.

Estas descripciones se pueden cotejar con otro tipo de fuentes, como son los catastros y diccionarios geográfico-estadísticos. Un ejemplo típico, y útil, lo constituyen las *Respuestas Generales del Catastro de Ensenada* (1753), en ocasiones clasificadas y publicadas, o el *Diccionario* de Pascual Madoz (1850) que proporcionan una aceptable semblanza de este tipo de obras en dos momentos históricos significativos. El inconveniente es que, aunque son registros minuciosos y bastante fiables, es difícil identificar sobre el terreno lo expresado en el texto. Junto a ellos se pueden citar también los censos y padrones de riqueza de ámbito municipal, así como los cuadernos de amillaramiento, que también enumeran la existencia de aprovechamientos hidráulicos tradicionales, aunque la dificultad sigue siendo hacerles corresponder con la obra concreta sobre la que se trabaja.

Para entender el significado de los aprovechamientos, señaladamente de los molinos hidráulicos, en la vida cotidiana de las poblaciones son útiles las colecciones legislativas (Fueros, Ordenanzas) que reglamentaban sobre su uso y trataban de evitar o dirimir litigios entre los diferentes usuarios de estas instalaciones. Exceden los aspectos técnicos, pero ocasionalmente proporcionan datos objetivos sobre caudales, características de las instalaciones (anchura y/o longitudes de canal, elementos alojados en el nivel hidráulico, número y tipo de muelas para la molienda, clases de barquines . . .)

La cartografía constituye otra fuente de información muy útil para la documentación de las obras de ingeniería hidráulica. Por un lado la cartografía antigua, aunque sea imprecisa desde el punto de vista métrico, ayuda a una ubicación general de los aprovechamientos en una población o en un marco administrativo más amplio. Por otro, la cartografía moderna, especialmente a partir de la formación del Mapa Topográfico Nacional (MTN) a escala 1/50.000, cuyas hojas antiguas recogen con precisión la posición exacta de estos aprovechamientos. Una comparación entre las ediciones antiguas y las modernas, en esta escala, permite conocer la vigencia temporal de la obra analizada, porque en las sucesivas revisiones de estos mapas se borraban las instalaciones arruinadas. Con más detalle, el MTN a escala 1/25.000 facilita la ubicación precisa, con coordenadas UTM, de cada aprovechamiento, incluso existe una simbología específica para los canales, y en la toponimia también se recogen los nombres y/o usos, de los distintos aprovechamientos.

Una mención especial merecen los planos que acompañan a los proyectos de ingeniería, singularmente los que tienen que ver con carreteras u otras obras lineales. A finales del siglo XIX, época de plena vigencia de los aprovechamientos hidráulicos, cuando se construyeron buena parte de las redes provinciales de carreteras, los ingenieros no disponían de cartografía en la que hacer encajes previos de trazado, por lo que siempre comenzaban su trabajo con un levantamiento de la zona de influencia para componerse sus propios mapas y planos sobre los que proyectar. Como estas vías de comunicación discurrían próximas a las poblaciones, allí donde había una infraestructura o aprovechamiento hidráulico éstos quedaban fielmente reflejadas, y a unas escalas de mucho detalle, más aún si se veía interceptado algún elemento, por ejemplo el canal o el azud, por la carretera o las estructuras necesarias para su conti-

nuidad. Así, hemos localizado proyectos de puentes de piedra que horadaban un estribo para permitir el paso del caz de un molino. Por la precisión de esta fuente, y por la posibilidad de llevarla al terreno para replantear, es especialmente útil para y fiable para las tareas de documentación.

Las fotografías, grabados, dibujos, las imágenes en general, son también una buena fuente de información. Las más antiguas, por ejemplo grabados que acompañan textos, ayudan a formarse una buena idea de lo que describen. Entre las fotografías es conveniente revisar los catálogos de exposiciones conmemorativas que con cierta frecuencia organizan las comisiones culturales de ayuntamientos y pedanías, porque consiguen recopilar mucho material inédito procedente de colecciones particulares. Son estas especialmente útiles para infraestructuras de reciente desaparición, dos o tres décadas, porque con la huella ya borrada en el terreno se consigue posicionarlas de nuevo virtualmente.

Entre las publicaciones periódicas debe hacerse hincapié en las colecciones de ámbito local y provincial, a veces integradas por muy pocos números, y que no son de difusión amplia. Las agrupaciones culturales, los centros de estudios locales u otras instituciones de gran tradición y presencia en la vida cultural de una región, provincia o localidad suelen disponer de boletines, revistas e incluso actas de jornadas o congresos en los que se escriben sobre temas muy concretos, de escaso interés general o simplemente que no se han difundido, que en ocasiones tratan sobre aprovechamientos hidráulicos en particular y sobre los que aportan datos precisos y locales.

Entre la bibliografía general son especialmente útiles los trabajos historiográficos que incluyen repertorios clasificados de bibliografía de interés regional, pues aunque es raro que existan obras generales específicas sobre el tema que nos ocupa, si hay estudios que proporcionan información a partir de la cual se puede definir con más precisión el objeto de estudio, por ejemplo trabajos sobre aspectos económicos, sociales, tecnológicos, culturales, inventarios . . . Y también investigaciones inéditas (memorias de licenciatura, tesis, proyectos de fin de carrera) que además de las conclusiones que nos aporten son en si mismas una fuente bibliográfica y documental excelente. Igualmente es conveniente hacer un repaso bibliográfico de monografías, de publicaciones periódicas, de actas de congresos de ámbito nacional y supranacional, pues aunque no proporcionen información específica si que sirven para un mejor planteamiento general de la investigación, así como comparar metodologías de trabajo.

Finalmente, la historia oral es a veces la única que permite reconstruir con cierta fiabilidad el funcionamiento de un ingenio, o su huella en la comunidad, o su valor como espacio para la sociabilidad. Las historias, fábulas, cuentos, leyendas, canciones, versos etc. contadas por los ancianos del lugar morirán con ellos, como ha sucedido con tantas tradiciones, y no siempre quedan los suficientemente explicadas en las recopilaciones etnográficas editadas.

Lo más importante, con todo, no es disponer de muchas fuentes, sino ser capaz de preguntar a cada una de ellas aquello que nos puede responder, y tener la habilidad necesaria para enfrentarlas y cotejarlas, porque es esta tarea, y nunca la transcripción directa, lo que otorga fiabilidad y precisión a la tarea de documentar obras de ingeniería antigua.

A continuación se anotan algunas de las referencias y archivos estudiados en las labores de documentación para la investigación que ha motivado esta comunicación.

Lista de referencias

Actas del Congreso Conmemorativo del VIII Centenario del Fuero de Santander y su época. 1989. Santander: Diputación Regional de Cantabria, Universidad de Cantabria, Ayuntamiento de Santander.

Altamira. Revista del Centro de Estudios Montañeses.

Arce, Pedro. 1882. *Recuerdos del antiguo valle y condado de Castañeda*. Santander: Establecimiento tip. lit. de F. Fons.

Archivo del Servicio de Carreteras Autonómicas de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda del Gobierno de Cantabria.

Archivo Histórico Regional. Consejería de Cultura, Turismo y Deporte del Gobierno de Cantabria.

Archivo Histórico Municipal. Concejalía de Cultura. Ayuntamiento de Santander.

Cantabria a través de sus municipios. 1996. Santander: Creática.

Cantabria y el agua. 1997. Santander: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno de Cantabria.

Casado Soto, José Luis. 1980. *Cantabria vista por los viajeros de los siglos XVI y XVII*. Santander: Diputación Provincial.

Confederación Hidrográfica del Norte.

Corbera Millán, Manuel y Pedro Arroyo Valiente. 1994. El inventario de las ferrerías de Cantabria: metodología y algunas reflexiones sobre la distribución geográfica de los restos. En *I Jornadas Ibéricas del Patrimonio Industrial y la Obras Pública*. 109–115.

Diez-Cascón Sagrado, Julián y Francisco Bueno Hernández. 2001. *Presas de fábrica*. Santander: Universidad de Cantabria.

Escagedo Salmón, M. 1927. *Colección diplomática. Privilegios, escrituras y bulas en pergamino de la insigne y real iglesia colegial de Santillana*. Santoña: Dueso.

Estudio sobre el aprovechamiento del potencial hidroeléctrico de la provincia de Santander. 1980. Madrid: Intensa.

García Merino, Luis (comp.). 1990. *Los espacios rurales cantábricos y su evolución*. Santander: Universidad de Cantabria-Asamble Regional.

Jornadas Nacionales de Molinología. Fundación Juanelo Turriano.

La Ilustración Española y Americana.

Litoral Altlántico. Instituto de Estudios Cántabros.

Manso, J. *Estado de las fábricas, comercio, industria y agricultura en las montañas de Santander (siglo XVIII)*. Santander: Estudio.

Museo Etnográfico de Cantabria.

Ponencias de Pleno del Consejo Económico Sindical. 1948. Santander.

Polo Sánchez, Julio. 2000. *Catálogo del Patrimonio Cultural de Cantabria*. Santander: Gobierno de Cantabria.

Publicaciones del Instituto de Etnografía y Folklore «Hoyos Sáinz».

Revista de Obras Públicas.

Sierra, M. 1987. *Cantabria de pueblo en pueblo*. Santander: Ambito.

Suárez, Manuel (Ed.). 1995. *Historia de Cantabria: un siglo de historiografía y bibliografía*. Santander: Fundación Marcelino Botín.

Vega Hormaechea, Angel. 2001. *Puente Viesgo en imágenes. Catálogo de un siglo en blanco y negro*. Torrelavega: Cantabria Tradicional.

Villegas López, R. 2006. *El Eco de Carriedo. Periódico semanal independiente. Vida y periodismo en un valle cántabro a finales del siglo XIX*. Torrelavega: Cantabria Tradicional.

El pozo del castillo de Burgos. Una gran obra de ingeniería medieval

Clemente Sáenz Ridruejo
Luis Mª García Castillo

Reseña histórica

La ciudad de Burgos, situada en la parte Nororiental de la Cuenca del Duero, configura su trama urbana a lo largo de las márgenes del río Arlanzón que discurre de Este a Oeste. Por el Norte los cerros del Castillo y de San Miguel, miradores privilegiados de la ciudad, limitan su expansión septentrional.

Los primeros asentamientos humanos en la ciudad de Burgos se remontan a la Edad de Hierro; los yacimientos arqueológicos descubiertos en los cerros burgaleses, embriones de la futura urbe, han evidenciado útiles de culturas de 3.000 años de antigüedad (Uribarri 1987).

Hay que esperar hasta el año 884 para asistir a la fundación de la ciudad de Burgos, fecha en la que el Conde Diego Porcelos bajo mandato del rey Alfonso III fortifica el cerro del Castillo, para proteger a sus pobladores y frenar las frecuentes incursiones musulmanas.

El nombre propio de Burgos procede de la antigua denominación «Vurgos», relacionado con el término «burgus», germanismo con un significado de centro fortificado y en otros casos de núcleos menores dependientes de uno principal o «burgo».

La repoblación de «Vurgos» (como se le llama en la antigüedad) se inicia en la ladera meridional del cerro del Castillo, invadiéndose progresivamente las zonas bajas a orillas del río Arlanzón. La entidad urbana se alcanza en la segunda mitad del siglo XII; Burgos es ya centro del poder político, tiene la sede episcopal y es un centro geográfico de importantes rutas, una la procedente del Norte, Alto Ebro-La Bureba-Burgos y otra de especial significado como es el Camino de Santiago (Estepa 1984).

La configuración urbana cuenta en el siglo XIII con hitos como las murallas que rodeaban la ciudad, el monasterio de las Huelgas, donde se enterraron los soberanos de Castilla, el Hospital del Rey, ambos en extramuros y surgidos bajo el mandato de Alfonso VIII, y la construcción de la nueva catedral.

En los siglos posteriores se inicia un proceso de abandono de las laderas del cerro hacia la vega del Arlanzón, llegándose a encontrar en el siglo XV la zona del Castillo deshabitada como nos muestra el plano de Burgos en esta época, confeccionado por Hilario Casado (1980) (fig. 1).

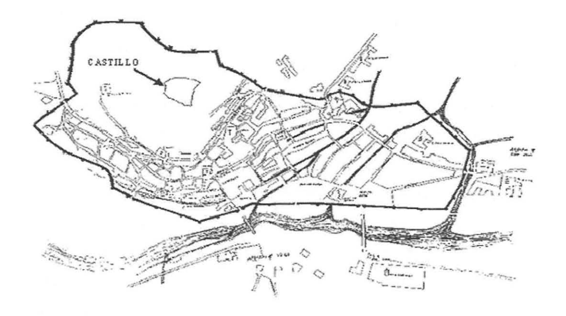


Figura 1
Plano de la ciudad de Burgos en el siglo XV (Hilario Casado, 1980)

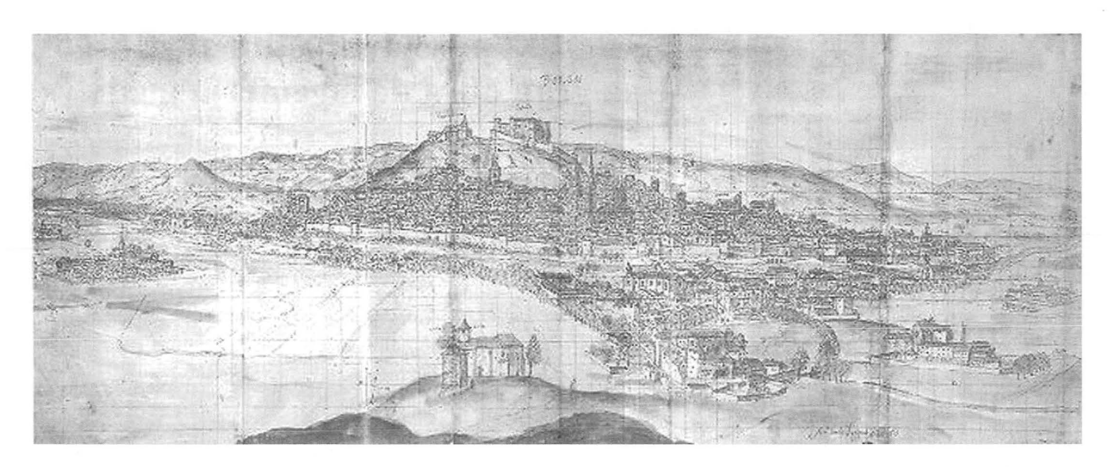


Figura 2
Vista de la ciudad de Burgos en el siglo XVI. Autor: Anton Van den Wyngaerde (1565)

El primer testimonio gráfico de la ciudad lo encontramos en la vista dibujada en 1565 por el pintor flamenco Anton Van den Wingaerde (fig. 2). En la composición del grabado destaca el asentamiento de la ciudad en la ladera del cerro y su desarrollo hasta alcanzar las riberas del Arlanzón. Se realza, en lo alto del cerro, la figura del Castillo ya despoblado en su alrededor.

La fortaleza del castillo

Hace ya más de un milenio, en el ya citado año 884, aparece el castillo de Burgos con el inicio de la construcción de la primera torre defensiva y con la cerca que protege el poblamiento existente. El artífice de esta primera fábrica es el conde Diego Rodríguez apodado «Porcelos», por encargo del entonces rey Alfonso III.

Desde este momento no cesa el engrandecimiento del Castillo convirtiéndose en pocos años en una fortaleza difícil de asaltar y conquistar. En 920 las fuerzas árabes saquean la ciudad pero no asaltan la fortaleza; nuevas correrías en el año 934 causan daños extramuros pero no sitian el Castillo.

A partir del siglo XIII, Burgos es cabeza de Castilla y la fortaleza era el escudo que defendía la capital del reino; alejados los moros, el Castillo sigue siendo un punto de referencia y salvaguarda, ya que la política se enredó entre los reinos peninsulares de signo cristiano.

La estratégica fortaleza sufre numerosos asedios con distinta suerte. En 1113 la reina Urraca asedia y conquista el Castillo. En 1127 es de nuevo atacado y conquistado. En 1367 el rey Enrique III también lo sitia y conquista. En 1475 partidarios de los Reyes Católicos lo asedian y consiguen su rendición. El último asedio, en 1813, contra las tropas de Napoleón que ocupaban el Castillo, acaba con la destrucción de la fortaleza, que fue volada por los franceses en su huida precipitada.

No acaba el Castillo con la disparatada voladura francesa; a lo largo del siglo XIX se llevan a cabo reconstrucciones para usos militares manteniéndose plenamente activo hasta 1890. A partir de entonces se abandona por completo. La falta de mantenimiento y expolio durante más de veinte años se encargan de arruinar definitivamente la milenaria fortaleza. En el año 1913 cede el ejército el recinto del Castillo con sus ruinas a la Corporación Municipal. Desde entonces el Ayuntamiento burgalés estudia y propone actuaciones en el antiguo Castillo que nunca se llevaron a cabo; el estado de deterioro y degradación progresa hasta el año 1991 cuando la Corporación Municipal decide acometer la recuperación efectiva del parque del cerro y sus ruinas, el estado actual puede observarse en la figura 3.

El pozo

En la cima del cerro del Castillo, más concretamente en el interior del antiguo recinto amurallado, puede

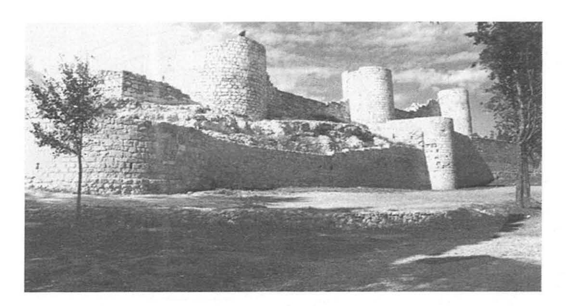


Figura 3
Estado actual del Castillo

admirarse una soberbia construcción subterránea: «el Pozo»; imponente legado de la construcción y cultura medieval. Se trata de un gran cilindro hueco de 63,5 metros de profundidad y 1,75 metros de diámetro, con escaleras de acceso hasta el fondo. Todo ello hecho en piedra caliza procedente del páramo, que la erosión todavía ha respetado en los cerros del Castillo y San Miguel.

Esta singular construcción ha maravillado a cuantos han tenido la suerte de visitarla; numerosos testimonios de historiadores, viajeros, arquitectos, militares . . . , relatan esta fábrica como:

> Nada hay de particular (en el Castillo) sino es un pozo de maravillosa hondura . . . , que es cosa digna de ver el dicho (E. Cock)

> Está tan artificiosamente construido que parece obra de encantamiento (Barrio Villamor).

> Celebérrimo, una impresionante construcción (Vicente Lampérez).

> Algo excepcional, único, soberbiamente militar y constructivo; de gran ingenio militar, un modelo de pozo castelar (Leopoldo Centeno).

No hemos encontrado ninguna fuente fidedigna que date la construcción del Pozo del Castillo. Sin duda se trata de una obra de la Edad Media; en 1475 se tienen noticias de la existencia de un pozo de agua, en el asedio al Castillo para desalojar a los partidarios de la Beltraneja.

Una razonable referencia para su datación es sin duda el análisis de los signos lapidarios que guardan sus piedras; a través de estas marcas de cantero, verdadera firma e identificación del gremio o cofradía, puede rastrearse el origen de la construcción. No faltan referencias en las que se puede contrastar con otros signos que aparecen en numerosas construcciones medievales de la ciudad de Burgos. La Catedral, el Monasterio de las Huelgas, las iglesias de San Esteban y de San Gil, y otros monumentos burgaleses, con partida de nacimiento bien conocida, constituyen excelentes referentes donde comparar las marcas de cantería escritas en el Pozo.

Todos estos signos se encuentran distribuidos desde el fondo hasta la boca del pozo de una forma arbitraria (en este orden se ha dispuesto la serie arriba dibujada). El número aproximado de signos visibles es cercano al centenar; algunos signos pueden estar ocultos bajo la costra carbonatada, que con el paso del tiempo se ha formado en el paramento visto de numerosos sillares.

La totalidad de estas marcas de cantero se encuentran en los monumentos burgaleses anteriormente mencionados, y fundamentalmente en la Catedral. Del estudio detallado que Néstor Pavón hace en su reciente libro *Signos lapidarios de los canteros en la Catedral de Burgos*, puede deducirse que los signos del Pozo (no tratados por dicho autor) proliferan en las construcciones medievales de la ciudad de Burgos de los siglos XIII y XIV.

No parece probable que fuera construido antes del siglo XII, ya que atendiendo a los signos lapidarios, éstos eran de trazo tosco y grande hasta el siglo XIII que se hacen más finos (como los que aparecen en el pozo), otro argumento puede tener que ver con los continuos ataques que sufre el Castillo hasta el año

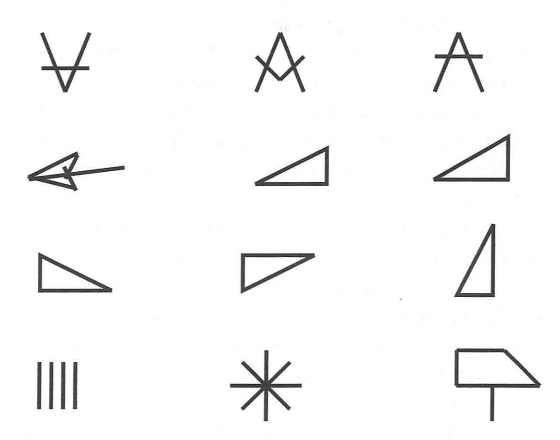


Figura 4
Signos lapidarios que hemos copiado de los sillares de la fábrica del Pozo

1125; a partir de entonces transcurren más de dos siglos de relativa calma en los que puede plantearse y ejecutarse una obra de esta envergadura.

Durante el siglo XIII en la ciudad vivían numerosos gremios de canteros que trabajaban en la Catedral gótica, y dada la similitud entre los signos lapidarios de una y otra construcción, no parece descabellado datar la construcción del Pozo en la segunda mitad del siglo XIII. Sin duda la construcción del pozo hubo de necesitar de estos gremios o logias experimentadas en este tipo de construcción singular que requiere destreza e ingenio.

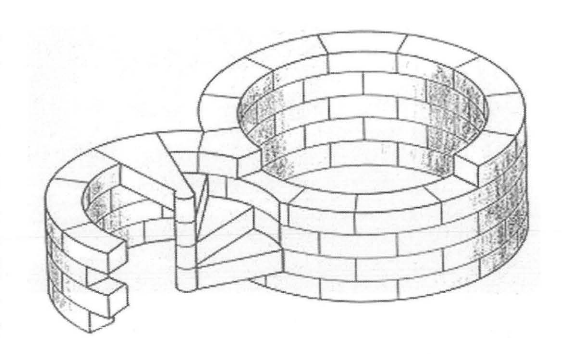


Figura 5
Esquema constructivo de Pozo y husillos (según García Castillo)

La fábrica del Pozo: descripción de la construcción

La obra de fábrica que hoy puede contemplarse en su totalidad es de sillería, con sillares y sillarejos tomados con mortero de cal y con labra media y basta. Los sillares son de piedra caliza y de caliza margosa, por lo que los grados de dureza y resistencia son variables, aunque en todos los casos suficientes para las cargas que soportan. Sin embargo, hay que destacar la poca resistencia al desgaste y abrasión (tránsito de personas) de los sillares de caliza margosa, en los que ya se aprecian signos de desgaste en varios peldaños de los husillos. Los sillares que predominan son los calizos, más duros y resistentes. Posiblemente la procedencia de los materiales sea del propio cerro del Castillo y de San Miguel.

Esta obra de sillería consiste en un cilindro hueco vertical, que constituye el pozo, de 61,50 metros de profundidad. Tiene un diámetro interior de 1,74 metros, siendo el espesor de las paredes de 0,34 metro, ver esquema constructivo en la figura 5. En todo su perímetro existen numerosos ventanucos de ventilación e iluminación del pozo y husillos satélites.

Alrededor del perímetro exterior del cilindro y formando una única estructura con el pozo, existen 6 cilindros verticales (husillos), que son escaleras de caracol para el acceso hasta el fondo del pozo. Cada husillo tiene una altura media de 10 metros, con un número variable de escalones entre 33 y 54. Tienen un diámetro interior medio de 1,30 metros y el espesor de sus paredes es de 0,30 metros. El ancho de paso entre el fuste central y las paredes laterales es de 0,60 metros.

La comunicación entre husillos es mediante pasillos anulares, concéntricos al pozo, con longitudes variables entre 3 y 6 metros. Todos los pasillos son horizontales, excepto el pasillo que une el quinto y sexto husillo que tiene en su tramo final 5 escalones antes de acceder al sexto husillo. El ancho medio de los pasillos es de 0,80 metros y su altura libre de 1,80 metros, ver esquema de la figura 6.

El sentido de descenso por los husillos es el de las agujas del reloj, horario, en los cuatro primeros, y antihorario en los dos últimos; parece pensado para evitar la sensación real de mareo que supone descender un total de 278 escalones.

La distribución de los husillos alrededor del Pozo no es regular como algunos autores suponían, si no que se solapan en planta unos con otros, tal y como puede observarse en el detalle adjunto de la figura 7. Los husillos sirven de acceso desde la superficie del terreno, junto a la boca del pozo, hasta el fondo donde existe un hueco de acceso directo al interior del Pozo. Este hueco es de 0,52 metros de ancho por 1,05 metros de alto y en su día tuvo una puerta, ya que así lo indica la hendidura que se observa en la cara inferior del dintel.

No cabe duda que el diseño y construcción se concibe y aborda de forma conjunta, es decir, los husillos no son añadidos al pozo sino que forman parte del aparejo global de la fábrica, como puede apreciarse en el esquema constructivo de la figura anterior. Creemos que la construcción de esta obra es de abajo arriba: hecha la excavación, con entibaciones puntuales ya que en general los terrenos son muy estables, se levanta la sillería desde el fondo hasta la superficie sin juntas horizontales. Hemos constatado la ausencia de estas juntas a lo largo de todo el pozo.

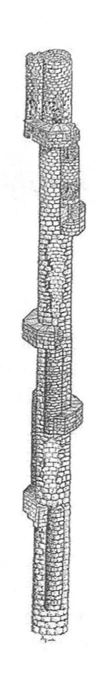


Figura 6
Esquema del pozo y husillos (según Chicote de Miguel)

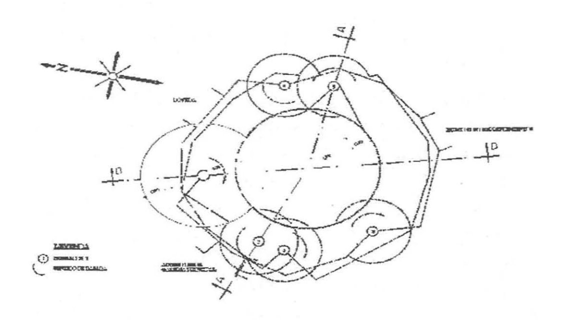


Figura 7
Distribución de husillos alrededor del Pozo (según García Castillo)

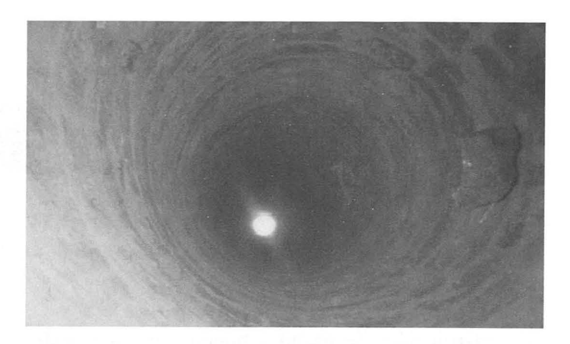


Figura 8
Vista del interior del Pozo

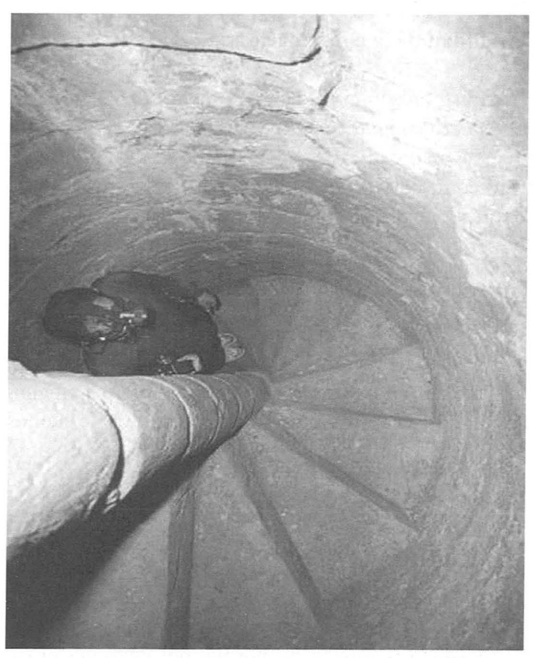


Figura 9
Vista del husillo

Estado de conservación del Pozo

La obra de fábrica del Pozo actualmente se encuentra en muy buen estado de conservación y no tiene problemas de estabilidad, vista del interior en figura 8.

No presenta problemas estructurales ya que por su forma circular soporta adecuadamente los empujes laterales, y su propio peso se transmite prácticamente en su totalidad al terreno por rozamiento lateral a través de todo el perímetro exterior que significa una superficie de contacto extensa y suficiente.

Los husillos (fig. 9) y pasillos de comunicación perimetrales al pozo se encuentran más deteriorados debido fundamentalmente a la apertura, después de

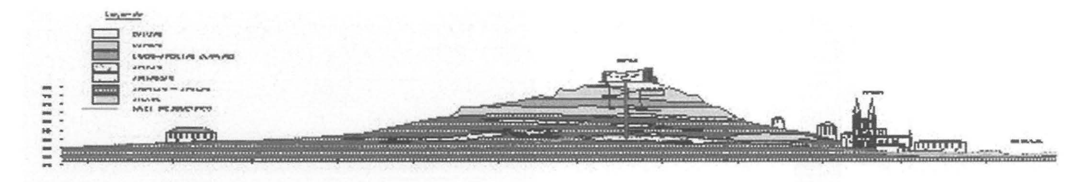


Figura 10
Corte geológico del cerro y ciudad (según García Castillo)

su construcción, de grandes huecos en sus paredes para horadar galerías, y a quizás explosiones provocadas en su interior.

Saldremos de dudas cuando finalicemos el descombro de una galería de la que se desconoce su final.

Finalidad de la construcción

Hay distintas opiniones de por qué se hizo el pozo en el castillo; mientras la mayoría de los autores creen que su finalidad es la obtención de agua, otros piensan, como Isidro Gil Gabilondo, que su misión es la de mero respiradero, un pozo de ventilación para facilitar el trabajo de presuntas galerías subterráneas en su fondo. El entramado subterráneo que existe alrededor del pozo da pie a que estas ideas no sean teóricamente tan descabelladas.

En nuestro reconocimiento del pozo hemos visto agua en el fondo procedente de un acuífero semiconfinado. El estudio geológico en detalle que hemos llevado a cabo (ver figura 10 del corte geológico) muestra claramente la situación del pozo respecto al nivel piezométrico del cerro. Actualmente estamos limpiando el fondo con el fin de sanearlo y hacer una prueba de bombeo y análisis del agua, para determinar el caudal que puede ser capaz de suministrar el pozo así como la calidad de sus aportaciones.

Sin duda la misión primordial del Pozo era el suministro de agua a la fortaleza. Si ha servido también como vía de escape o comunicación con la ciudad, hoy por hoy no podemos asegurarlo ni descartarlo.

Lista de referencias

Ayuntamiento de Burgos. 1997. *Seminario sobre el Castillo de Burgos*. Burgos: Imp. Aldecoa.

Cadiñanos Bardeci, I. 1987. *Arquitectura fortificada en la provincia de Burgos*. Burgos: Diputación Provincial de Burgos.

Centeno, L. 1926–1927. *Excavaciones Arqueológicas en el Castillo de Burgos*. Burgos: Imp. Monte Carmelo, Burgos.

García Castillo, L. M. 1996–1998. *Estudio geológico, seguridad de galerías y proceso constructivo del Pozo del Castillo de Burgos* (inédito), y *Proyecto de consolidación del Pozo y galerías del Castillo de Burgos* (inédito).

Gil Gabilondo, I. 1913. *Memorias históricas de Burgos y su provincia*. Burgos: Ayuntamiento de Burgos.

Hergueta Martín, D. 1927. «El Castillo y las murallas de Burgos». En *Boletín de la Comisión Provincial de Monumentos Históricos y Artísticos de Burgos* 20 y 21. Burgos.

Lampérez y Romea, V. 1993. *Arquitectura civil española de los siglos X al XVIII*. Madrid.

López Mata, T. 1949. *La ciudad y el castillo de Burgos*. Burgos: Ayuntamiento de Burgos.

de Oliver-Copons, E. 1983. *El castillo de Burgos*. Barcelona: Heinrich.

Sagredo García, J. 1999. *El castillo de Burgos: una recuperación en marcha*. Burgos: Ayuntamiento de Burgos.

Las habitaciones rupestres artificiales riojanas

Clemente Sáenz Sanz

Los restos —hoy casi abandonados— de excavaciones rupestres que existen en el flanco meridional del valle del Ebro en La Rioja conforman un espléndido panorama de hipogeos antiguos y modernos, de origen mayoritariamente sacro los primeros, siendo muy difuso dado su carácter popular el de los segundos. Se entremezclan también usos civiles medievales, reaprovechamiento en la Edad Moderna de antros como palomares, majadas y bodegas, y excavaciones contemporáneas de cuevas para vivienda.[1] La diversidad y continuidad de los usos —con reutilización agrícola, ganadera o habitacional de espacios antiguos en ocasiones— ha sido motivo de la falta de acuerdo en los orígenes y destinos primigenios de parte de las cuevas, interpretadas de modo opuesto por los estudiosos que se han acercado al tema.[2] Dicha continuidad difumina la perspectiva arqueológica, pues apenas quedan sustratos antiguos que se hayan podido datar con seguridad —quedan muchos sitios por excavar—, y tan sólo el análisis formal y constructivo y el de elementos decorativos o funcionales aportan pistas de momento.

Varios de los colectores que afluyen al Ebro desde las sierras ibéricas presentan agrupamientos rupestres. Son interesantes los del Najerilla (con exponente principal en la antigua capital del reino navarro), los del Iregua (Albelda y su desaparecido San Martín, los misteriosos corredores de Nalda, o las oquedades de los estrechos de Islallana y Castañares), y el formidable despliegue rupestre que se ofrece a nuestros ojos bordeando el valle del Cidacos, desde Santa Eulalia hasta Autol pasando por Arnedo. Más modestos son los antros de las cuencas de Jubera y Leza.

Atalayando Logroño en margen izquierda del Ebro se encuentran también unas salas y celdas subterráneas cuyas ventanas se abren a la ciudad en los contrafuertes del cerro de Cantabria, de origen también discutible.

Emplazamiento singular es el de San Millán de la Cogolla, cuya radicación inicial en Suso floreció sobre un apartado núcleo de cuevas labradas por esforzados eremitas, probablemente con el Santo como primer habitante retirado a estas frondas. Otros cenobios o lugares de culto aislados son, entre otros, los de San Tirso de Arnedillo, Santa Lucía de Ocón o San Esteban de Viguera, cercanos algunos a grupos mayores. Tradiciones hay en Valvanera, Anguiano, Clavijo o Bilibio, siempre asociadas a anacoretas retirados al *eremus*. De mayor antigüedad es el poblado celtibérico de Contrebia Leucade, similar a Termancia en su resolución, pues existen en él viviendas rupestres y semirrupestres.

Tratamos de recoger aquí los problemas que sufren algunos de estos grupos rupestres, cuyo estado es precario, apuntando las causas naturales que conducen a su ruina —comunes en general—, esbozando antes el marco histórico al amparo del que se crearon.

Breve bosquejo histórico

Como hemos dicho, las habitaciones rupestres artificiales riojanas tienen orígenes en gran parte sacros. No son los únicos lugares de la Península Ibérica en los cuales existen huellas de eremitas habitando hipogeos excavados por sus medios. Así, en el valle alavés de Valdegovía existen celdas rupestres que debieron ocuparse en la Alta Edad Media, y sobre las que el obispo Juan de Valpuesta estableció fundaciones allá por el 804, tal como describe Pérez de Urbel (1969, 1: 98–103). No muy diferentes deben ser los orígenes de la que algunos autores han bautizado como Capadocia alavesa de Treviño. El trabajo de Iñiguez (1955, 48–49) apunta al origen visigótico de los grupos de Laño, y diversas campañas arqueológicas parecen avalarlo. Monreal (1989) estudia las tipologías de las plantas eclesiales, la labra y las inscripciones y *graffitis* en un conjunto extenso de manifestaciones rupestres (que abarca todo el alto valle del Ebro, desde Bricia y Valderredible hasta la ribera navarro-riojana), y aboga en una serie de ellas por dicha cronología. Algunas de estas iglesias mantienen el culto, como las de Olleros de Pisuerga y Santa María de Valverde. Posteriores son los templos mozárabes andaluces de Ronda, Pizarra, Bobastro, Archidona o Coín. Apunta a visigótico el bello oratorio de Valdecanales en Rus (Jaén), con celdas monacales anexas, y probablemente la enorme nave hipogea del Alborajico, en Tobarra. Y aún se podrían ilustrar muchos más ejemplos, que no viene al caso detallar.

En La Rioja (y abstrayéndonos de la celtibérica Contrebia del río Alhama), las vidas de San Millán, San Félix de Bilibio y San Prudencio, retirado al Monte Laturce, nos dan claves antiguas de este tipo de poblamiento. En San Millán los diferentes órdenes de cuevas, por delante de las cuales está el edificio mozárabe de Suso, debieron ser acondicionadas por un grupo de anacoretas. No pretendemos dilucidar si San Millán en persona habitó el lugar en el siglo VI, como se deduce del testimonio de San Braulio en la *Vita Sancti Emiliani*.[3] Es lícito pensar que el culto al santo hubiese sido afirmado por una comunidad monástica a lo largo de los siglos séptimo al décimo, apartada en las frondas emilianenses del trasiego militar de la época, si bien este problema no está resuelto. El prestigio creciente de esta comunidad la convertiría en objeto de la cabalgada postrera del hachib Almanzor, en 1002. Poco después Sancho III el Mayor remodeló el monasterio.

En Albelda de Iregua, el monasterio de San Martín fue fundado a raíz de la conquista de Nájera y Viguera, en 924. Los restos de celdas que quedan en la Peña Salagona que domina el pueblo o la pequeña iglesia subterránea de La Panera son testigos de la utilización de espacios subterráneos excavados por los monjes que formaban el cenobio primitivo, sin que podamos saber si hubo ocupación de restos anteriores en este caso.

Primitivo es también el aspecto de diversas oquedades cuyas huellas están impresas en los paredones de los estrechos del Iregua, en Castañares e Islallana. En el siglo XIV conocemos un documento que cita el trueque de una torre y cueva en Islallana (Goicoechea, 1949: 33–34). La semirrupestre ermita de San Esteban, abrigada en las balmas de los conglomerados que cierran el valle (al modo de San Juan de la Peña, pero más modesta) atestigua la voluntad de los eremitas de abrigarse en espacios más o menos artificiales de retiro. Monreal (1989:189) considera el espacio al menos prerrománico.

Nájera o *Naxara,* «lugar entre peñas», se debió emplazar primitivamente en el collado que defienden por Norte y Sur los cerros de la Mota y Malpica. De modo similar a otras fundaciones regias, en la del Monasterio de Santa María la Real pesa la tradición de una cueva en la que la leyenda nos refiere el hallazgo por parte del rey García de una imagen de la Virgen en el transcurso de una jornada de caza. La cueva sería la que existe en las traseras del Panteón Real, acondicionada como oratorio.[4] Entre el desaparecido castillo roquero y el alcázar —cuyaos restos se están sacando a la luz— queda el aéreo grupo de cuevas de El Castillo. No es el único que se asoma al Najerilla. Puertas Tricas (1974) ha estudiado el conjunto citado y otro denominado de las Siete Cuevas, algo más al Sur. Existen otras cavidades río arriba. El uso eremítico que propone el autor citado no está claro, si bien en el momento de fundarse Santa María se le hizo dotación de varias iglesias preexistentes, entre ellas San Pelayo, « . . . *qui est in rupe super ipsam Sactam Mariam situs* . . . ». La distribución interior, la organización de los espacios en habitaciones mucho mayores a las que corresponderían a simples celdas de retiro, las circunstancias históricas parecidas a las de otros puntos próximos, y la existencia de documentos altomedievales que muestran transaccio-

nes de cuevas entre particulares parecen apuntar más bien a su uso como refugios civiles.[5]

Del cerro de Cantabria logroñés es difícil conjeturar. Monreal (1989) y González Blanco (1999) mantienen discrepancias acerca del origen de la mayoría de los subterráneos allí perforados, dada la diversidad de los mismos. Más difícil resulta relacionar el castro cumbrero —la hipotética Cantabria de Leovigildo— con las cuevas.

En cuanto a Arnedo y sus alrededores, y si seguimos a Monreal Jimeno (1989: 209–217), algunas cuevas del grupo del Patio de los Curas, el complejo de El Juncal de Herce, o la iglesia rupestre anexa al Monasterio de Vico parecen remitir a una antigüedad tardía o a usos eremíticos altomedievales. San Tirso de Arnedillo está datado del siglo IX. El problema del valle del Cidacos es que están tan superpuestos los usos habitacional moderno, la colombicultura y las posibles fundaciones antiguas que rara vez se puede discernir con precisión cual es el origen de los hipogeos, y en qué época se labraron, a no ser formas muy bien conservadas.[6]

La ruina progresiva de los hipogeos

Conocemos diferentes procesos, más o menos documentados, de ruina de estos grupos rupestres. Antes de entrar en una descripción más detallada de las causas, repasemos alguna de estas incidencias.

La más notable es la de San Martín de Albelda, pues su desaparición casi completa se produjo a causa de un gran desprendimiento en la Peña Salagona, en 1683. Recoge un testimonio de primera mano Cantera Orive (1951: 180–186), así como otros incidentes menores, uno de ellos de 1939. Cercano es el caso de Nalda, cuyas cuevas de Los Palomares se encuentran apuntaladas y en riesgo de ruina.

En Castañares de las Cuevas todavía es bien visible la cicatriz del desprendimiento de 1931. El corresponsal de Madoz (1848, 6:80) recoge la existencia de las cavidades, hoy trituradas: «*Inmediato a la población de hallan vestigios de habitaciones abiertas en las rocas y en sitios muy escabrosos*».

En el pueblo de Herce nos han referido un desprendimiento reciente, cuyo derrubio arrasó el trujal del pueblo hace pocos años. El liso responsable del despegue de la mole rocosa es todavía muy visible, como tantos otros.

San Millán mismo estuvo hasta hace bien poco muy amenazado, y la ladera en la que se asienta Suso ha sido objeto de distintas actuaciones de consolidación y drenaje.

En Nájera se ha tenido que vedar el acceso a las cuevas del Castillo, debido a la precariedad de los frentes. Los derrubios al pie del cantil que bordea el Najerilla son numerosos.

En Arnedo, parte de la población se encuentra amenazada por desprendimientos desde el cerro de San Miguel, parcialmente defendidos con redes de cable flexibles y malla de menor paso. El mismo Cantera (1951: 181) se refiere al peligro en el que se hallaba el castillo de arruinarse por desprendimientos.

Estos procesos no son infrecuentes en la red fluvial afluente al Ebro. En el lado Norte, y un poco más abajo, Azagra (sobre el mismo Ebro) o Falces (en el Arga) sufren la amenaza de desprendimientos sobre sus núcleos o en las proximidades. En Azagra hubo cerca de 100 muertos en 1874 al desplomarse parte de los cantiles sobre el pueblo. Se han efectuado labores de acondicionamiento últimamente (Faci, Rodríguez-Avial y Jugo, 1988a). Parecidos son los problemas de Falces, que han obligado a actuaciones preventivas de entidad (Faci, Rodríguez-Avial y Jugo, 1988b). Ayala, Aparicio y Conconi (1988) estudiaron los riesgos en Milagro y en Cárcar, en cantiles socavados por los ríos Aragón y Arga, respectivamente. En todos los casos se trata de terrenos diferentes a los que nos ocupan, pues los problemas descritos acaecen en yesos. No creemos muy diferentes los mecanismos que los desencadenan, hecha excepción de la influencia de la solubilidad, que favorece la profundización de las grietas abiertas a tracción en los cortados.

Geología de las habitaciones

En el flanco Norte de las sierras ibéricas el valle del Ebro está relleno por varias sucesiones detríticas de gran potencia, que son las que aparecen a nuestros ojos en todos los emplazamientos que venimos mencionando. En la zona del Iregua y del Najerilla está constreñido por el Cameros al Sur y por las alineaciones de la Sierra de Cantabria al Norte. Estos dos sistemas, cabalgantes y activos sobre la cubeta, quedan próximos entre sí, y por ello desde la individuali-

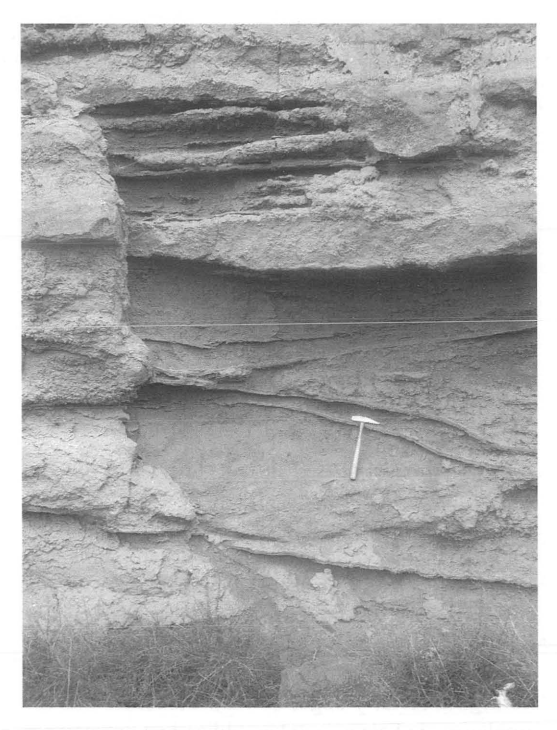


Figura 1
Detalle de las alternancias de areniscas y limolitas y capas de yeso al pie del cantil de Nájera que alberga a las Siete Cuevas. Foto: CSS, 2007.

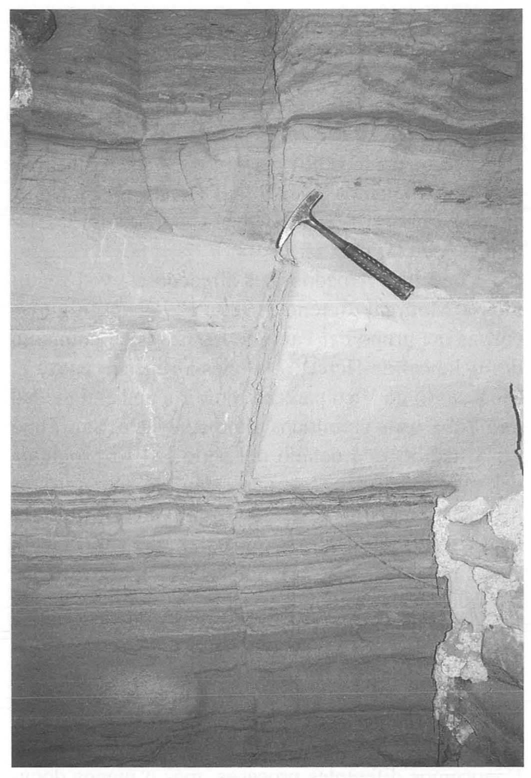


Figura 2
Detalle de las capas limolíticas que componen la Peña Salagona, en el interior de una vivienda abandonada en Albelda de Iregua. Foto: CSS, 2007.

zación de la cuenca apenas se han dado las condiciones para generar niveles carbonatados potentes, siendo las formaciones evaporíticas marginales en esta área, y sin embargo más extensas hacia levante, incluyendo la Ribera navarra, y, por supuesto, la aragonesa.

De este modo, en Nájera, Albelda o Nalda aparecen materiales que gradan de areniscas a lutitas, de vivas coloraciones pardo-rojizas. Se han denominado tradicionalmente Formación Nájera y proceden de la sedimentación en facies de zonas intermedias de sistemas de abanicos aluviales. Los detritos parecen de grano mayor en Nájera, siendo muy evidente la alternancia de finos y gruesos, que dan ese aspecto de sándwich de capas decimétricas a los cantiles, erosionados diferencialmente. Un aspecto importante es la presencia de yesos fibrosos, generalmente asociados a fracturas, en capitas de 1 a 3 centímetros muy continuas, que a nuestro entender tiene bastante que ver con el desarrollo de patologías. El sostenimiento es bueno en paramentos interiores y techos de los hipogeos, debido a que la estratificación es la discontinuidad preponderante y los vanos moderados; el resto de las fracturas tienen espaciamientos habitualmente métricos o superiores, y es su conjunción en cara de cantil con viseras debilitadas por erosión diferencial y con otras fracturas de descompresión la responsable de parte de los desprendimientos, a nuestro entender.

En Albelda hemos inspeccionado habitaciones labradas en el siglo XIX de impecable factura, dado lo blando del material. Los frentes observados son una alternancia de limos, arcillas y algunas capitas de arenisca fina y fofa; los bancos son de continui-

dad decamétrica, si bien hay algunos acuñamientos. Todo ello muy cubierto de una pátina de alteración limosa, que penetra algún centímetro y que hace difícil determinar en corte fresco la dureza del material. Debe tratarse probablemente del tránsito hacia las litologías más finas de la denominada Formación Alfaro, que es la que ocupa el centro de la cuenca en Logroño, y en la que está modelado el cerro de Cantabria, decapitado a su vez por una terraza antigua.

Los colores son muy variados: rojizos, pardos, grises verdosos e incluso amarillentos (el topónimo originario de *Albayda* = La Blanca no parece muy justificado, pues domina un color carnoso). La estratificación es subhorizontal, en lechos a lo sumo métricos, pero el conjunto lo cruza una red de diaclasas verticales de espaciado de entre 30 y 100 cm. (más abundante este último valor), que ocasionan frentes verticales y escarpes. Esta red sería la responsable de la individualización de bloques desprendidos en la Peña Salagona y adyacentes.

En San Millán y en el sector Castañares-Viguera dominan los conglomerados de borde de la depresión. Atendiendo al método de análisis tectosedimentario, se englobarían en la misma unidad que la Formación Nájera anteriormente descrita, siendo obviamente su litología y medio de deposición diferente. La matriz de los conglomerados es arenosa y calcárea. Están menos trabajados en San Millán, donde se trata de una brecha en la cual hay cantos incluso pizarreños. En los estrechos del Iregua son mayoritariamente clastosoportados y calcáreos, si bien existen lentejones arenosos en bandas a veces decamétricas, y que suele ser donde se forman viseras incipientes. Las condiciones de sostenimiento son formidables a la escala de las cuevas, pero la fracturación vertical es de gran continuidad, y responsable en definitiva de accidentes como el de Castañares antes referido.

Por último, tenemos las areniscas (con capas minoritarias de lutitas y algunos conglomerados) que forman un amplio anticlinal de eje orientado según el paralelo, que va desde Santa Eulalia hasta Autol. Se trata de materiales oligocenos (su secuencia sedimentaria es anterior a la que venimos comentando), en los cuales la acción del Cidacos, destripando el gran pliegue en paralelo a su eje, deja al descubierto parte del flanco Norte. Las yasas y barranqueras afluentes por margen izquierda permiten apreciar el buzamiento de dicho lado, con valores de hasta 45º. Las areniscas son rojizas, de grano grueso, y presentan estratificaciones cruzadas y contactos erosivos. Los paquetes suelen ser de varios metros de espesor, y de esta circunstancia se aprovechan las habitaciones, que encuentran lechos masivos para abrirse, si bien quedan expuestas a fracturas subparalelas al cantil.

Patologías comunes

Es un hecho que la mayoría de los conjuntos rupestres riojanos se encuentran en un estado tal que invita a pensar en una relativamente próxima desaparición de los conjuntos. Tan sólo San Tirso de Arnedillo y San Millán de la Cogolla ofrecen grados de cuidado notables. En el caso de Suso, es su trascendencia histórica y su elevado valor artístico el motivo de su preservación, restauración y de la consolidación del entorno, que amenazaba con deslizar ladera abajo el antiguo edificio. Otro monasterio que presenta una iglesia hipogea anexa es el de Vico, cercano a Arnedo; la susodicha nave se encuentra cerrada habitualmente, y ha servido de establo y almacén.

En el resto de los casos, existen varias causas «humanas» que conducen en primer lugar a la desatención y después a la ruina:

- La mayoría de los que pueden considerarse antros sacros antiguos han sido secularizados y utilizados con propósitos ajenos a su función inicial, al desaparecer el eremitismo, probablemente una vez afianzada la Reconquista.
- Más dejados de la mano han quedado los antros tras el progresivo abandono de las actividades que los mantenían en uso: cría de paloma, bodegas —radicadas ahora en cooperativas—, majadas. Estos usos no han permitido tampoco una buena conservación, pero al menos necesitaban de un mínimo cuidado físico y prevenían de vandalismo.
- Abandono del hábitat humano rupestre. La desaparición de las cuevas vivienda en la Ribera del Ebro a lo largo de los años 60 tiene mucho que ver con los realojos en las denominadas casas baratas, dado que se consideraba denigrante la habitación de familias enteras en estos espacios.[7]

En segundo lugar apuntamos causas de tipo natural:

- Se trata de litologías blandas, en términos de mecánica de rocas. Hemos efectuado mediciones mediante martillo Schmidt en diversos emplazamientos. Cuantitativamente, los valores que se estiman razonables son de unos 30 MPa para las areniscas de Nájera (hemos medido valores similares en las que conforman el basamento de los Palomares de Nalda, en torno a 28 MPa), y 22 MPa para las limolitas o areniscas de grano fino de Albelda. En el río Cidacos los valores van de los 28 MPa para las areniscas que hemos podido ensayar en Herce, siendo por el contrario de peor calidad los datos obtenidos en dos afloramientos muy distintos de Arnedo, del orden de 22 MPa, por ser la arenisca más débil.
- Se pueden considerar excepción los conglomerados de Islallana o de San Millán. Sin embargo, aunque como macizo rocoso se pueda catalogar de competente (en zonas consolidadas los valores obtenidos en el esclerómetro apuntan a los 40 MPa), la labra no es imposible, pues el cemento arenoso puede ser disgregable a golpe de martillo, y por tanto es atacable. Eso sí, las cavidades resultan más irregulares.
- Se trata de rocas que sufren fenómenos de erosión diferencial apreciables, debido a que dado el tipo de sedimentación dominante, existieron regímenes torrenciales distintos con deposiciones más tranquilas (capas de lutitas), que fomentan la existencia de balmas y viseras: el ejemplo más evidente es el cantil que domina Nájera, pero también se aprecia el problema en diversas zonas del Cidacos y en la zona más arcillosa del Iregua.
- Los cauces riojanos salvan desniveles apreciables en recorridos cortos (por ejemplo, desde los Hoyos del Iregua hasta Albelda apenas son 30 los kilómetros en los cuales el río salva unos 1.500 metros de desnivel), y es por ello que su capacidad erosiva se puede considerar elevada. En el caso del Cidacos, su recorrido es algo mayor desde la parte septentrional de Oncala, pero de sus crecidas nos habla su llanura aluvial, en la que dominan los canchos y bloques de gran tamaño desde que el valle se abre aguas abajo de Arnedillo. Los procesos de socavación y deslizamiento están activos en varios puntos que hemos podido observar en margen derecha en las cercanías de Herce.
- El carácter incisivo de la red fluvial es responsable mayoritario de la descompresión en las rocas adyacentes, y por tanto de la aparición de fisuración subvertical, lo cual debe sumarse a una resistencia a la tracción probablemente baja, dada la resistencia a compresión antes citada. A esta fracturación suele acompañarle otro sistema subortogonal que contribuye a formar cuñas o individualiza lajas. Aparte de las noticias recabadas, se observa la progresión

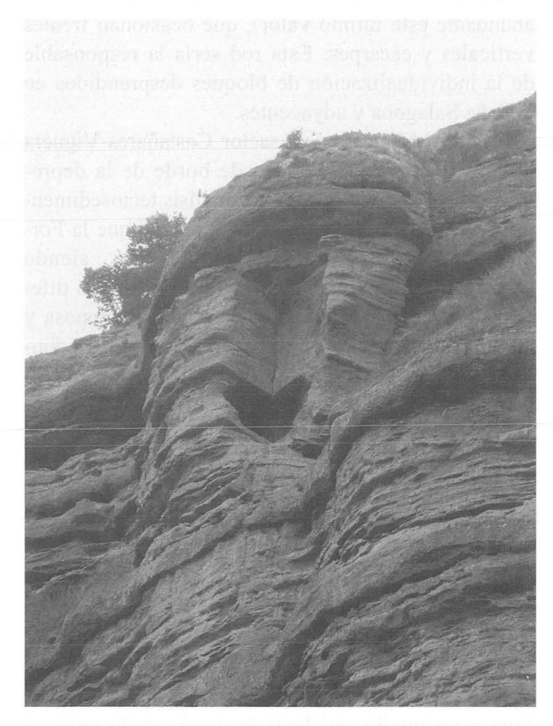


Figura 3
Detalle del diedro casi perfecto que arruina una cueva colgada de refugio en el sector de las Siete Cuevas de Nájera. Una de las fracturas de las areniscas es la subparalela al cantil, del orden de N50E. Se conjuga con otra N130E (la perpendicular al cortado), y se descalza por erosión diferencial. Ejemplos similares a todas las escalas se observan en el entorno. Foto: CSS, 2007.

de los fenómenos, por ejemplo, en la existencia de diaclasas muy abiertas que afectan a nichos excavados, como en la cueva de los Llanos de Arnedo.

- No es sin embargo significativa la alteración por capilaridad. Por varias causas: en primer lugar, los antros están en general muy altos sobre los valles fluviales, debido a su carácter de retiro o refugio (en el caso de los antiguos), y por causa parecida en el caso de los más modernos (los cuatro antiguos barrios rupestres de Arnedo están a cotas altas en los cerros). Además las formaciones excavadas son básicamente impermeables, y sólo la escasa fracturación podría aportar aguas. Al abrirse en cantiles muy verticalizados, la escorrentía exterior no es apenas penetrativa. Tan sólo en el caso de Nalda, en el cual la cobertera es pequeña, y la conforma una lastra de conglomerados, hay ciertos indicios de humedad y alteración en el contacto entre dicho conglomerado y la arenisca que moldea el peñón.

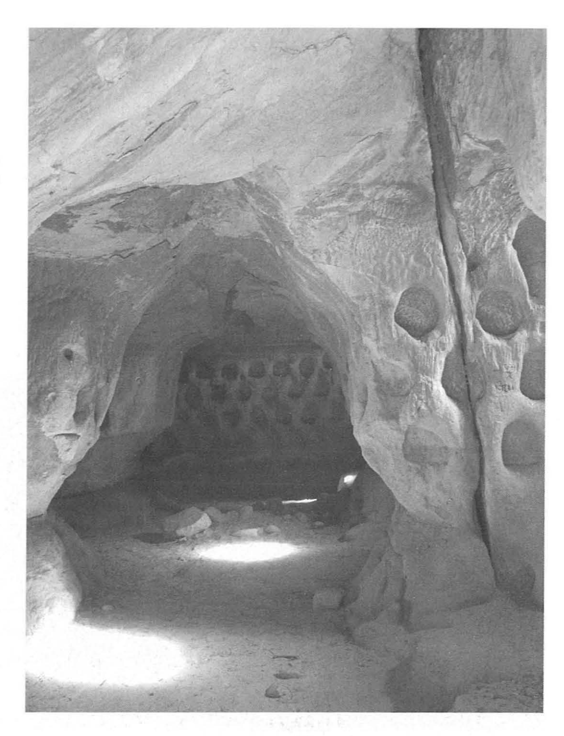


Figura 5
Interior de la misma cueva de los Llanos. Se observa la fractura abierta que desgaja el tabique de roca externo. La fractura es posterior a la labra de los nichos. Las diaclasas asociadas posteriores están parcialmente cerradas. Las trazas son decamétricas. Buzan 70–80° Sur. Foto CSS, 2007.

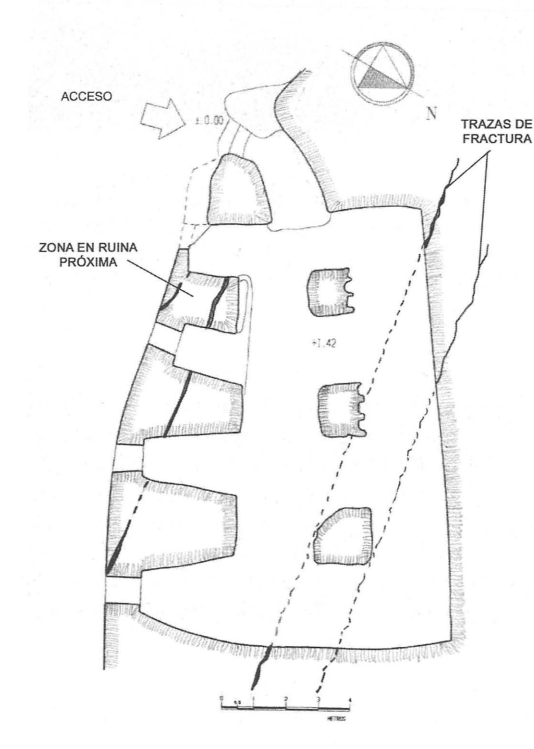


Figura 4
Planta de la Cueva de los Llanos (Arnedo) y sistema de fracturación responsable de la situación de ruina inminente. Elaborada a partir de González Blanco (1999).

Conclusiones

El patrimonio rupestre al que nos hemos referido en esta comunicación necesita de una reflexión acerca de su futuro. Dada la variedad del mismo, se antoja muy complicada la salvaguarda de todos los emplazamientos. Bajo criterios preferentemente arqueológicos e históricos debieran evaluarse los niveles de protección necesarios para los distintos elementos existentes, encaminando esta clasificación a establecer prioridades en las acciones a emprender.

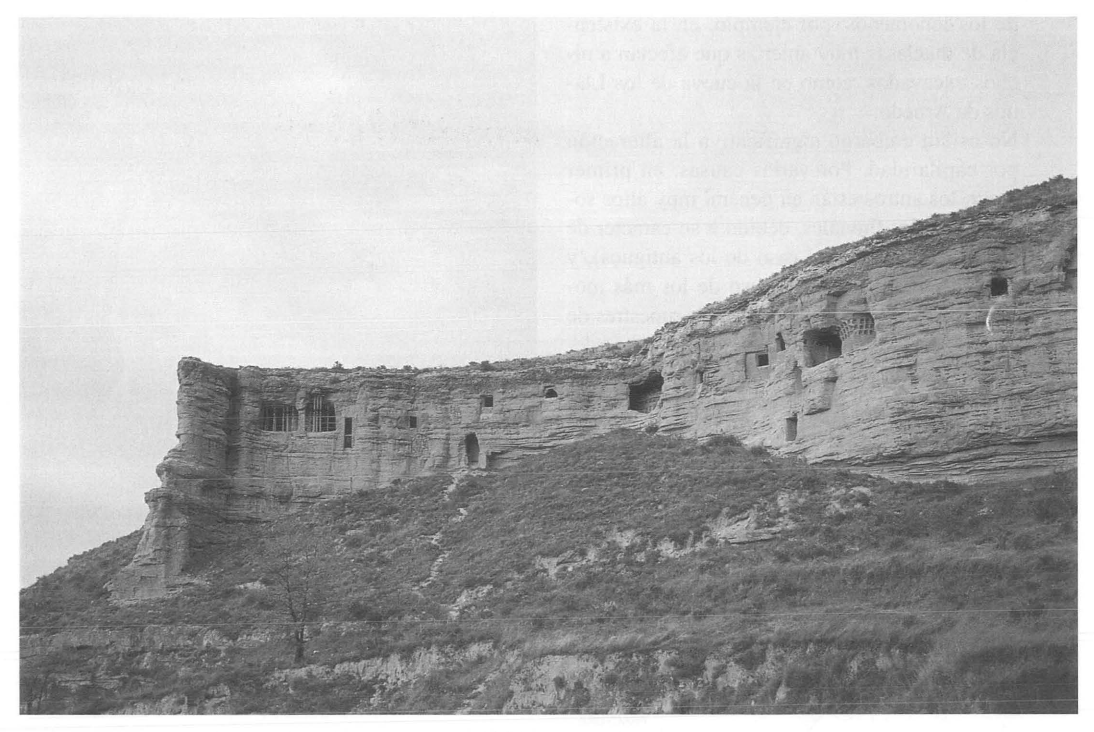


Figura 6
Aspecto externo de los Palomares de Nalda. El paramento izquierdo u occidental, orientado aproximadamente N140E, está amenazado por fracturas subparalelas al mismo (N150E de media), junto con otras casi ortogonales (N80E), ambas casi verticales. Tienden a desgajar el vértice, que está apuntalado. Obsérvese también en dicho saliente la erosión diferencial, con algunos niveles areniscosos basales y el remate en conglomerados. La cuesta de acceso son derrubios producto de sucesivos retrocesos del frente por caída de bloques. Foto: CSS, 2005.

Los riesgos geológicos asociados a las excavaciones existentes se han traducido históricamente en la ruina brusca o progresiva de diversos hipogeos. Algunos debieran conservarse a futuro:

- Una parte prioritaria de las cuevas de Nájera: por su situación y cercanía a los sectores más antiguos de la población, parece más interesante proteger de inmediato el grupo del Castillo, y dotar al cantil de las medidas de consolidación (básicamente un bulonado y red de recogida de bloques caedizos), con objeto de reabrir los accesos, con la debida ordenación de los mismos.
- En el Cidacos existen varios edificios subterráneos de interés. El Juncal de Herce necesita cuando menos señalización, limpieza, y quizás algún afianzamiento. Parte de los grupos de San Miguel y Patio de los Curas de Arnedo están protegidos por redes, y se debieran consolidar algunos frentes. La nave hipogea de Vico requiere mejoras de conservación, limpieza y accesos. También podría abordarse la protección de una serie selectiva de palomares que pudieran ser más antiguos (por ejemplo, la Cueva de los Llanos, amenazada de ruina, pero que necesitaría de medidas más vigorosas, tales como anclajes más largos, rellenos de mortero, cosidos auxiliares). El panorama es muy amplio.[8]
- En el Iregua es difícil escoger: la Panera de Albelda es el edificio más interesante que per-

vive, y no se encuentra en riesgo inmediato. Las cuevas de los Palomares debieran ser a su vez tratadas para impedir su derrumbe. Tanto si se trata de un edificio antiguo como de un más moderno palomar, el lugar tiene el atractivo suficiente para programar una labor de consolidación que se nos antoja sencilla.

– No contamos aquí los casos de buena conservación o actuaciones en curso (San Tirso o San Millán), cuya supervivencia parece más que asegurada.

NOTAS

1. En Arnedo, por ejemplo, García Prado (1949) cita 181 cuevas habitadas en cuatro barrios en 1945, y que entre dicho año y el de su escrito se habían excavado 8 cuevas más. Todavía viven en dicha población maestros picadores, ya ancianos, que se encargaron de horadar casas (comunicación personal de David Eguizábal, arqueólogo).
2. La labra de nichos en los palomares ha sido motivo de discrepancias. Independientemente de que se sepa que la cría de palomas ha sido una actividad tradicional tanto en el valle del Iregua como en el del Cidacos, González Blanco (1999) interpreta en varios trabajos la influencia del cristianismo oriental en estos columbarios, asociándolos a nichos de carácter memorial en muchas de las cuevas que estudia, donde los eremitas alojarían reliquias de sus compañeros y predecesores difuntos. Para Monreal (1989) no es creíble esta hipótesis, pues este uso no se repite en otros muchos enclaves rupestres, tales como los de Treviño.
3. Según San Braulio, la vida eremítica de San Millán se desarrolló en un oratorio cercano a la villa de *Vergegio* (Berceo).
4. Un documento de época, transcrito por diferentes autores —por ejemplo Monreal Jimeno (1989: 183)— nos muestra al rey navarro orando en el lugar antes de guerrear en Tafalla. A raíz de su victoria fundó el monasterio. Era 1052.
5. El sector navarro-riojano del Ebro fue devastado en varias ocasiones a lo largo de los siglos IX y X. Cañada Juste (1976), recogiendo el relato de Ibn-Idhari, nos refiere la aceifa de 924 comandada por el todavía emir Abderrahman III, y cómo tras atacar Cárcar « . . . *pasó al lugar llamado Peralta (Bitra Alta), en cuyos alrededores se encontraban castillos fuertemente situados; los cristianos los evacuaron . . . Algunos de ellos se refugiaron con sus mujeres e hijos en tres cuevas situadas al extremo de una cortadura dominando el valle; pero nuestros soldados no cesaron en sus ataques, y bien elevándose hasta allí, bien bajando hacia ellos, acabaron, gracias a Dios, por dominarlos*». Estas cuevas son probablemente las que existen colgadas en los farallones yesíferos en margen derecha del Arga, aguas arriba de Peralta, e indican que existían antros artificiales que servían al menos de refugio en estos casos. Cuestión que podría repetirse con las cuevas de Nájera, u otras asimilables.
6. La denominada Cueva de los Llanos, interpretada por González Blanco (1999) como eremítica, ha sido encerradero de ganado bovino (comunicación personal de D. Eguizábal). La forma de sus pilarones, erosionados por la base, podría deberse al trasiego de las reses, hacinadas en las naves.
7. El Plan C.C.B. (Cáritas, 1963), que identifica por diócesis las viviendas rupestres de toda España es un documento de gran valor no sólo testimonial, sino doctrinal, pues pretende establecer —entre otras— las relaciones marginalidad, pobreza o educación, con las viviendas en cuevas. En la diócesis de Calahorra indica que 418 familias habitaban cuevas en 37 municipios de la Rioja Baja. En algunos pueblos de la ribera navarra conocemos la demolición de los barrios rupestres a primeros de los 70, barrios que llegaron a agrupar en los años 30 a cerca de un tercio de la población en lugares como Milagro o Arguedas.
8. Un primer e interesante esfuerzo es el abordado por la Asociación de Amigos de la Historia y Patrimonio Cultural de Arnedo y Comarca (2004), sintetizando los usos de diferentes edificios subterráneos en siete distintos: religiosos, agro-industriales (palomares, corrales, abejeras, leñeras y bodegas) y casas-cueva. Considera nueve localizaciones rupestres de probable asignación religiosa, desde San Tirso de Arnedillo hasta Autol, cinco de las cuales están en Arnedo. No pretende decantarse en un sentido u otro de las hipótesis de González Blanco (1999) acerca del uso de espacios tales como Los Llanos de Arnedo.

LISTA DE REFERENCIAS

Asociación de Amigos de la Historia y Patrimonio Cultural de Arnedo y Comarca. 2004. *Panorama rupestre en el valle medio del Cidacos*. Logroño: Fundación Caja Rioja.

Ayala, F., Aparicio, V., Conconi, G. 1988. Estudio de inestabilidades en los acantilados yesíferos de la ribera navarra. En: *II Simposio sobre taludes y laderas inestables. Comunicaciones*: 657–668. Andorra: Alonso y Corominas, eds.

Cantera Orive, Julián. 1951. El primer siglo del Monasterio de San Martín de Albelda. *Berceo,* 19: 175–186.

Cañada Juste, A. 1976. *La campaña musulmana de Pamplona. Año 924*. Pamplona: Institución Príncipe de Viana.

Caritas Española.1965. *Plan C.C.B. Plan de promoción social, asistencia social y beneficencia de la iglesia en España.* Madrid: Sección de Estudios de Cáritas Española. Ed. Suramérica.

Faci, E., Rodríguez-Avial, J. I. y Jugo, J. 1988. Estabilización y establecimiento de medidas preventivas en un talud rocoso en Azagra (Navarra). En: *II Simposio sobre taludes y laderas inestables. Comunicaciones*: 485–496. Andorra: Alonso y Corominas, eds.

Faci, E., Rodríguez-Avial, J. I. y Jugo, J. 1988. Estabilización y medidas correctoras del talud rocoso «Las Tres Marías» (Navarra). En: *II Simposio sobre taludes y laderas inestables. Comunicaciones*: 497–511. Andorra: Alonso y Corominas, eds.

García Prado, J. 1949. Las cuevas habitadas de Arnedo. *Berceo*, 12: 341–363.

González Blanco, Antonino (ed.). 1999. *Los columbarios de La Rioja.* Antigüedad y cristianismo. Monografías históricas sobre la antigüedad tardía, XVI. Murcia: Área de Historia Antigua de la Universidad de Murcia.

Goicoechea, Cesáreo. 1949. *Castillos de La Rioja. Notas descriptivas e históricas*. Logroño: Instituto de Estudios Riojanos.

Iñiguez Almech, F. 1955: Algunos problemas de las viejas iglesias españolas. *Cuadernos de trabajo de la Escuela Española de Historia y Arqueología de Roma,* VII: 7–180.

Madoz, Pascual. 1848–1850. *Diccionario Geográfico - Estadístico - Histórico de España y sus posesiones de Ultramar*. Madrid: Imprenta de Pascual Madoz.

Monreal Jimeno, Luis A. 1989. *Eremitorios rupestres altomedievales. El alto valle del Ebro*. Cuadernos de Arqueología de Deusto, 12. Bilbao: Universidad de Deusto.

Pérez de Urbel, Fr. J. 1969. *El Condado de Castilla*. Madrid: Ed. Siglo Ilustrado.

Puertas Tricas, Rafael. 1974. Cuevas artificiales de época altomedieval en Nájera. *Berceo*, 86: 7–20.

Sobre el recrecido de las presas de mampostería españolas

Diego Saldaña Arce
Ana B. Barco Herrera

El porcentaje de presas españolas sobre las que se ha efectuado un recrecimiento apenas supone un 2% de las que se encuentran actualmente en servicio. La mayor parte de estos recrecidos se han efectuado en las últimas décadas como consecuencia de la necesidad de aumentar la capacidad de regulación o de mejorar la seguridad, tanto de la presa como aguas abajo.

El extenso patrimonio de presas que posee España se remonta al primer siglo de nuestra era, cuando los constructores romanos construyeron las primeras grandes presas en Hispania. Ya desde entonces, y a lo largo de toda la historia, el aumento de la demanda de agua exigió el recrecimiento de alguna presa, como solución más económica para satisfacer las crecientes necesidades. Esto ha propiciado el que actualmente se mantengan en servicio, total o parcialmente, presas de mampostería diseñadas y recrecidas en base a criterios empíricos, que coexisten con otras de diseño empírico pero recrecidas de acuerdo con criterios racionales y, finalmente, otras de diseño racional y recrecidas de acuerdo con criterios modernos ó actuales.

En esta comunicación se realiza una breve exposición de los recrecidos de presas de mampostería más significativos, siguiendo un criterio temporal referido al origen de la presa. Se presta especial atención a las presas anteriores al siglo XX, al ser éstas menos conocidas y existir menos información sobre las mismas. Posteriormente se analizan las diferentes soluciones empleadas estableciendo, cuando resulta oportuno, los paralelismos entre diferentes intervenciones.

Descripción de algunos de los recrecimientos más significativos

Presas romanas

La distancia en el tiempo y la escasez de fuentes documentales dificultan la identificación de recrecidos en las presas romanas que han llegado a nuestros días. La observación de las presas en servicio y de los restos identificados, así como la evaluación de los esquemas resistentes, muestran tan sólo dos recrecidos de importancia —uno en la propia época romana y otro en el siglo XX— existiendo dudas sobre otros posibles recrecidos.

El de mayor importancia se refiere a la presa de la Ermita de Virgen del Pilar, construida en el primer siglo de nuestra era sobre el arroyo de Santa María, en el Valle del Ebro. Se trata de una presa de planta prácticamente rectilínea, de entre 80 y 100 m de longitud; con perfil de gravedad del que, tras su rotura, sólo se conserva la zona del estribo derecho. El perfil de la presa era de gravedad, con sección rectangular de unos 14 m de altura y 7,35 m de anchura en la base. Tras un primer período de explotación, que debió extenderse cerca de un siglo, se realizó un recrecido de la presa con el objeto de aprovechar el amplio valle que cerraba. Éste consistió en la adición de un cuerpo superior de entre 2,6 m y 4 m de altura y similar anchura que la presa original, de forma que se mantuvo la forma rectangular de la sección. La nueva sección presentaba una estabilidad precaria —la rela-

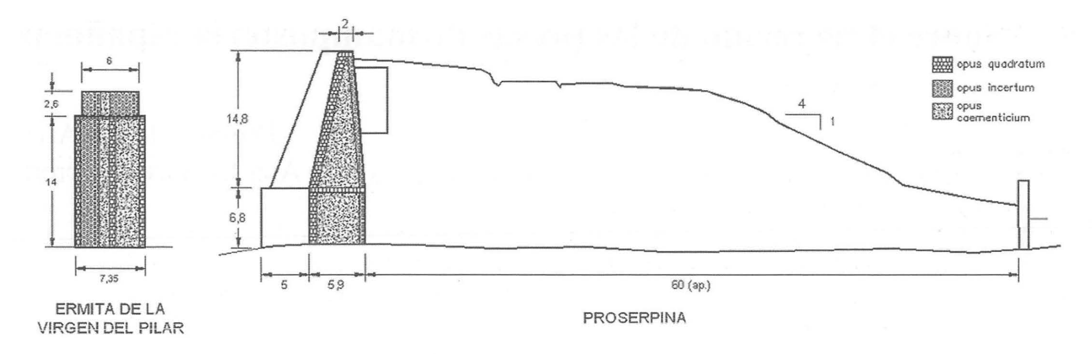


Figura 1
Sección de las presas romanas de Ermita de Virgen del Pilar y Proserpina

ción anchura/altura se habría reducido hasta cerca del 0,4— lo que debió ser una de las razones que la condujo a la rotura violenta. Es precisamente la naturaleza de esta rotura, que se desarrolló casi verticalmente en la zona central de mayor altura, la que pone de manifiesto sin ninguna duda la existencia de dos fases constructivas, al ser diferente la naturaleza de los distintos lienzos de fábrica que componen la estructura del muro.

En otras presas se han encontrado indicios de que pudieran haber experimentado un recrecido en su altura, si bien resulta muy difícil establecer hasta que punto se trata de recrecimientos, de construcciones planificadas en más de una fase constructiva, o simplemente de reparaciones o reconstrucciones.

Ésta última opción podría ser el caso de la presa navarra de Iturranduz, construida en el barranco de Mendigorría en el siglo II para el abastecimiento de la ciudad de Andelos. Se trata de una presa que inicialmente presentó planta recta, de 102 m de longitud, estando formada por un esbelto muro de entre 6 y 7 m de altura y entre 0,9 y 1,0 m de espesor. Las dimensiones del muro hacían imposible la estabilidad del muro sin la contribución de los contrafuertes dispuestos en el paramento de aguas abajo, de 2,5 m de anchura y espesor; con separaciones que oscilaban entre los 1,7 m de la parte de mayor altura y 7,1 m en la zona de altura intermedia. Después de uno o dos siglos de explotación la presa debió sufrir una rotura, tras lo que se debió acometer una reconstrucción de la misma. Aunque los aterramientos de la presa eran importantes, los restos existentes no permiten corroborar el que se aprovechara para aumentar ligeramente la altura de la pesa original. La reparación consistió en la disposición de relleno de tierras de 1,5 m de espesor en la zona de aguas arriba de la presa, que se confinaba mediante un nuevo muros de sillarejo reforzado con pequeños contrafuertes. Mien-

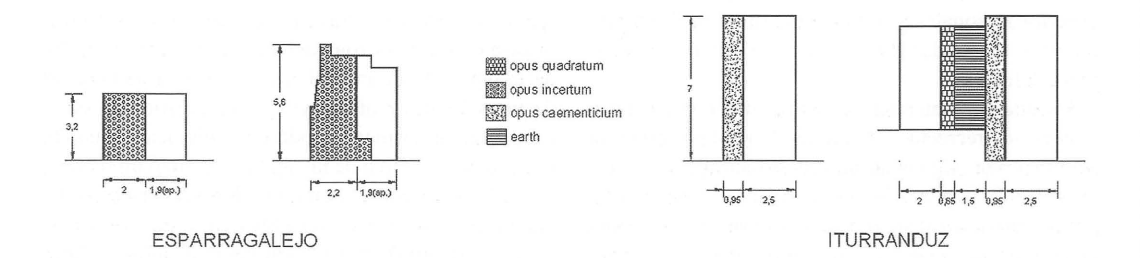


Figura 2
Evolución de la sección de las presa romanas de Esparragalejo e Iturranduz

tras que en el caso anterior la existencia de dos fases constructivas venía establecida por las diferente composición de las fábricas que formaban el muro, en el caso de la presa de Iturranduz se suma la variación del esquema resistente.

Los trabajos y estudios realizados en la última década del siglo XX pusieron de manifiesto la existencia de dos etapas constructivas en la presa emeritense de Proserpina. Si bien esta cuestión se encuentra perfectamente contrastada, no ocurre lo mismo en lo que se refiere a la posible evolución del esquema resistente y a la forma en que se planificó la construcción de esta presa. Se trata de una presa pantalla de 20,6 m de altura máxima y 428 m de longitud en coronación, que se desarrollan en una planta quebrada compuesta por tres tramos rectilíneos. La presa esta compuesta por una pantalla de fábrica del lado de aguas arriba, reforzada del lado aguas abajo por un grueso espaldón de tierras que confiere estabilidad al conjunto, y por una serie de contrafuertes de fábrica del lado de aguas arriba, con el objeto de mejorar la estabilidad de la pantalla frente a desembalses rápidos. El vaciado y limpieza de los aterramientos que cubrían gran parte del vaso, pusieron de manifiesto la existencia en la parte inferior de una zona de presa más antigua, que se adelantaría unos años a la conocida, incluso hasta el primer siglo de nuestra era. Se trata de un cuerpo de presa de 150 m de longitud, con un perfil robusto y sección rectangular, de 6,8 m de altura y 5,9 m de espesor; que presenta el refuerzo de grandes contrafuertes del lado de aguas arriba, que sirven de cimentación a los conocidos hasta la fecha. El conocimiento actual de la obra no permite —a pesar de ser la presa romana mejor estudiada— discernir si se trata de la parte inferior de una presa original más alta, previa a la actual, de una construcción planificada en varias etapas, ó de simplemente del empleo de una pequeña presa anterior —de gravedad y sección robusta— como cimentación de la presa definitiva.

Finalmente, a mediados del siglo XX se efectuó una importante reparación sobre la presa extremeña de Esparragalejo, construida entre los siglos I y II a unos 8 km de la ciudad de Mérida. La intervención resultó excesivamente dura, hasta el punto de desvirtuar parcialmente el esquema resistente de la presa original. Ésta consistía en un muro de gravedad reforzado con contrafuertes del lado de agua abajo. La reparación citada enmascaró la fabrica original romana, e incluyó un ligero recrecido de la sección, acentuando la curvatura del paramento aguas bajo entre los contrafuertes de refuerzo.

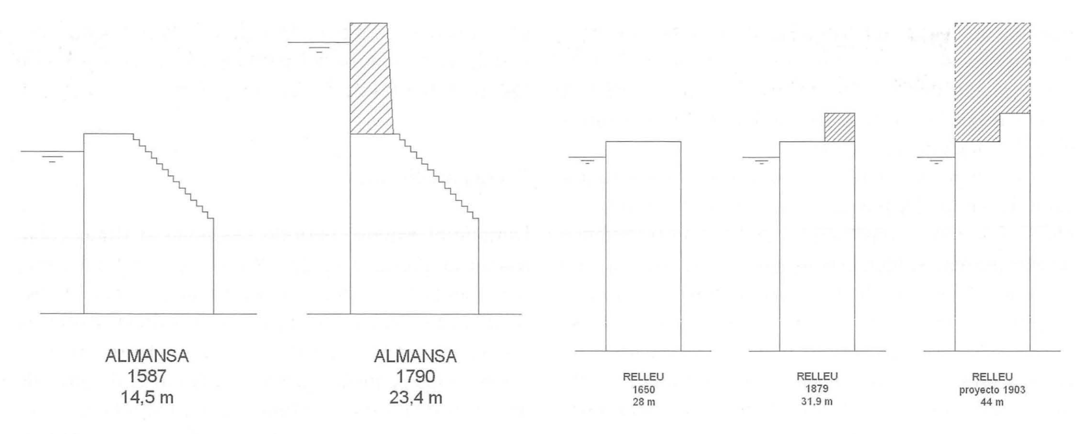
Presas medievales

Durante el extenso período medieval el ritmo constructor de presas y azudes decayó notablemente, predominando la construcción de pequeñas obras de derivación de escasa envergadura. Sin duda, debieron ser frecuentes los ligeros recrecidos y reconstrucciones de estas pequeñas presas, así como el de otras de origen romano que continuaron en explotación. No obstante el paso del tiempo, la pequeña entidad de estas obras, y su enmascaramiento dentro de obras posteriores, ha dificultado su estudio.

Presas de los siglos XVI a mediados del XIX

A comienzo del siglo XVI se inicia una etapa —que se extiende algo más de tres siglos— en la que la ingeniería de presas española experimenta importantes avances, que se plasman en la construcción de numerosas presas —algunas de altura muy importante— la diversificación de la finalidad de las presas, y la introducción de nuevos esquemas resistentes. Algunas de las presas más singulares de este período experimentarían recrecidos importantes al poco tiempo de su construcción, o en los siglos posteriores.

La presa de Almansa se emplaza sobre el arroyo Belén Grande, a pocos km hacia el este de la ciudad de la que toma el nombre, realizándose su construcción entre los años 1584 y 1587. La presa original presenta una traza en planta con forma de arco, de aproximadamente 26 m de radio máximo. El perfil de la presa está formado por un paramento de aguas arriba vertical, mientras que el de aguas abajo es vertical en los 7,7 m inferiores y escalonado en los 6,8 m superiores. El ancho de la presa es de 10,3 m en la base, reduciéndose mediante el escalonado superior a 4 m en la coronación. Aunque la relación anchura/altura de esta presa es de 0,71, y por lo tanto sus comportamiento preferente es de gravedad, se trata de la primera presa en la que existe constancia documental —informe realizado en 1566 por Juan de Vidaña sobre las trazas preparadas por el maestro Juanes— del



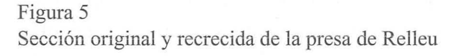


Figura 3
Evolución de la presa albaceteña de Almansa

Figura 5
Sección original y recrecida de la presa de Relleu

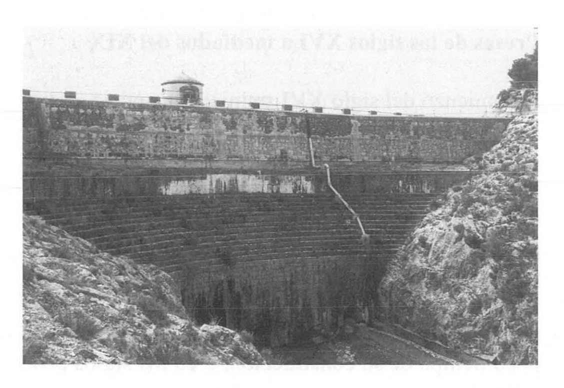


Figura 4
Vista de la presa de Almansa desde aguas abajo

interés de sus constructores en aprovechar la contribución resistente de la planta curva.

A finales del siglo XVIII se realizó un recrecido de la presa que elevó la altura de la misma en cerca de 9 m, de forma que la altura máxima del perfil se situó en 23,4 m sobre el cauce. Este recrecido consta en planta de una poligonal de tres tramos —longitudes de 36, 34 y 19 m de la margen izquierda a la derecha— presentando un paramento de aguas abajo vertical en un primer tramo, para después de un pequeño escalón y retranqueo adoptar un pequeño talud hasta la coronación, en la que el espesor se reduce a 3 m.

Tras el recrecimiento, el valor medio de la relación anchura/altura se reduce hasta cerca de 0,5, lo que garantiza la ausencia de vuelco mediante el mecanismo de gravedad. Sin embargo, la fuerte curvatura y reducida longitud de su planta, unidas al buen empotramiento en la roca de las laderas y a la generación de tracciones en el talón, no dejan lugar a dudas sobre la movilización del efecto arco, con una contribución importante dentro del esquema resistente. Su comportamiento resistente es por tanto el de un «arco grueso», tal como ya se había alcanzado anteriormente en las presas de Elche y Relleu. Por otro lado, la zona superior del recrecido presenta una esbeltez parcial de 0,39, de forma que su estabilidad sólo se justifica con la transmisión de cargas hacia los estribos rocosos, gracias a los fuertes quiebros creados por las tres alineaciones rectas que forman esta zona de la presa.

La presa de Relleu se construyó aproximadamente un siglo más tarde que la presa original de Almansa, aguas abajo de la población de la que toma el nombre. La altura original de la presa sobre cimientos era de aproximadamente 28 m, siendo el perfil rectangular y de 10 m de anchura. El desarrollo en planta de la presa sigue una directriz curva de unos 60 m de radio y un desarrollo que oscila entre los 1,4 a 1,5 m de los 6 m inferiores de la presa y de los aproximadamente 40 m en la coronación de esta primera presa.

Como el resto de las presas levantinas, la explotación de la presa se vio condicionada desde un principio por la rápida acumulación de tarquines, por lo

que desde muy temprano se planteó la posibilidad de recrecer la misma con el objeto de mejorar su funcionalidad. No sería hasta el año 1879 cuando se acometiera el recrecido de la presa —en unos 4 m— hasta su altura máxima actual de 31,85 m. El espesor de la sección en la zona superior añadida se redujo a poco más de 4 m, materializándose mediante un retranqueo del paramento suso en vez de sobre el yuso, que hubiese sido más lógico.

Sin embargo la utilidad de esta actuación fue muy reducida, ya que no se renovaron los elementos de regulación del desagüe de fondo; planteándose a comienzos del s. XX un nuevo recrecido de 12 m de altura, que permitiría aumentar la capacidad del vaso desde 0,6 hm^3 hasta unos 4,4 hm^3. La necesidad de renovar los órganos de alivio y las filtraciones detectadas fueron algunas de las cusas que contribuyeron a retrasar el comienzo de las obras, que quedarían finalmente descartadas con la construcción en 1961 del embalse de Amadorio aguas abajo.

El reducido espesor de la presa —10 metros— la convirtió probablemente en la presa más esbelta del mundo en su momento, con una relación anchura/altura de 0,36. Las dimensiones relativas de la sección convierten el efecto arco en el mecanismo resistente preferente, más si se tiene en cuenta que con el recrecido de finales del siglo XIX la relación anchura/altura se redujo hasta un valor próximo a 0,31. Se trata, por tanto, de una presa arco «grueso», en cuyo mecanismo resistente juega un papel importante el buen «empotramiento» de los estribos de la presa en las laderas, que podría considerarse «completo» en sus seis metros inferiores.

La construcción de la presa de Albuhera de Feria finalizó en el año 1747 en las proximidades de la localidad extremeña de Feria. Originalmente vinculada a la explotación de una serie de molinos, a comienzos del siglo XX se explotaría con fines hidroeléctricos, siendo adquirida en el año 1929 por el Ayuntamiento de Almendralejo para el suministro de agua al municipio. Sobre esta obra se han ido acometiendo sucesivos refuerzos, reparaciones y recrecidos —asociados a los cambios de uso y los desperfectos originados por vertidos incontrolados— que, a pesar de haber mantenido la composición formal de la obra, han modificado significativamente el comportamiento de la misma.

La sección original de la presa consistía en un muro sensiblemente rectangular, de 18 m de altura y unos 11 m de anchura máxima. La traza en planta de la presa era rectilínea con una longitud que inicialmente que inferior a los aproximadamente 150 m actuales. La presa contaba con un refuerzo en el paramento aguas abajo formado por una serie de siete contrafuertes, de 3,2 m de espesor y dispuestos con un espaciamiento regular de unos 9 m.

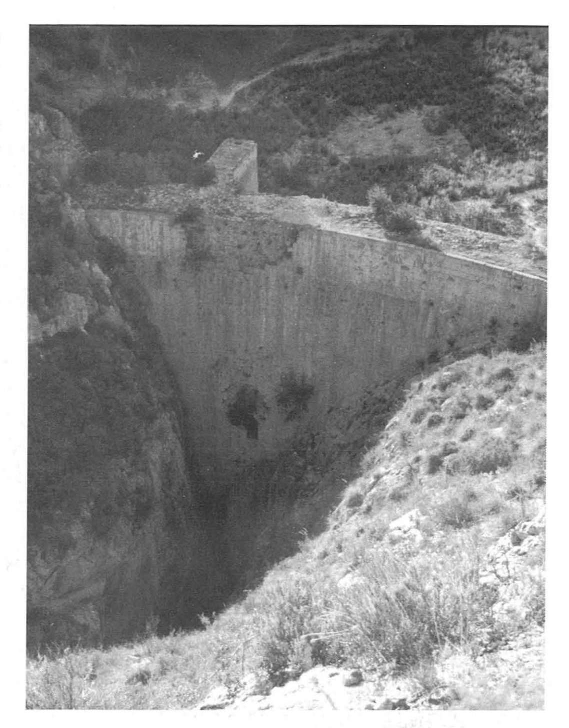


Figura 6
Vista de la presa de Relleu desde aguas abajo

No existen datos sobre la existencia de un aliviadero en la presa original, que en todo caso fue insuficiente para evacuar las avenidas, produciéndose en 1790 varios vertidos por coronación. Los desperfectos originados por estos vertidos debieron ser de importancia ya que se abordó inmediatamente un refuerzo y un recrecido de la obra que parecen relacionados, pese a que median 20 años entre ambos. En primer lugar —año 1790— se procedió a mejorar la capacidad resistente de los contrafuertes aumentando su longitud de 8 a 11 m, para posteriormente —hacia el año 1810— realizar un recrecido de 2 m de altura. Este recrecido consistió en la ejecu-

ción de un muro de menor espesor en la zona de aguas arriba, creando una zona de paso de gran anchura delimitada aguas abajo por un pretil.

Con el fin de mejorar el suministro de agua a Almendralejo, se acometió en el año 1950 un nuevo recrecido sobre el ya efectuado en 1810, elevándose la altura total de la presa hasta cerca de 23,5 m sobre cimientos, poco menos de 6 m por encima de la coronación inicial. El muro que forma el recrecido presenta un talud aguas arriba de 0,05 y de 0,76 aguas abajo.

Los recrecidos realizados sobre el muro de la presa han supuesto una disminución de la relación anchura/altura, desde un valor aproximado inicial de 0,61 a un valor intermedio de 0,55 y a un valor actual de 0,46. Inicialmente, las dimensiones relativas de la sección inicial de la presa revelan un esquema resistente preferente de gravedad, en el que la colaboración de los contrafuertes no es necesaria para garantizar la seguridad al vuelco del muro en las condiciones más desfavorables. Sin embargo, en la actualidad la disminución de la relación anchura/altura y la pérdida de sección en el recrecido implican un aumento en la contribución resistente de los contrafuertes, hasta el punto de que los mismos resultan imprescindibles para evitar el vuelco de la sección bajo solicitaciones desfavorables.

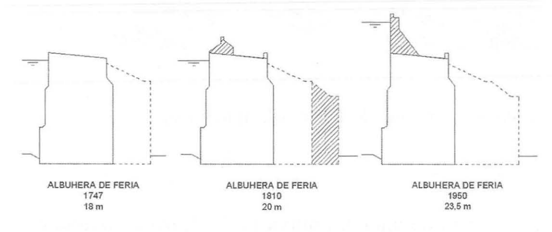


Figura 7
Evolución de los refuerzos y recrecidos del perfil de la presa extremeña de Albuhera de Feria

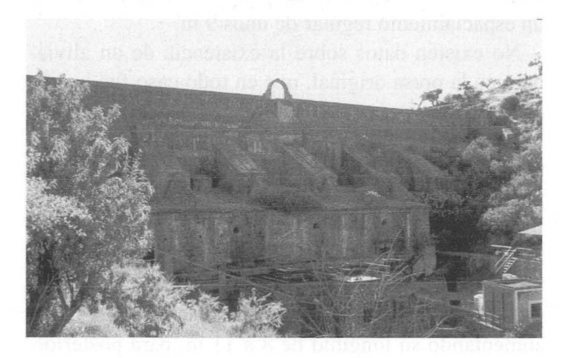


Figura 8
Vista desde aguas abajo de la presa de Albuhera de Feria

En la segunda mitad del siglo XVI, Felipe II ordenó la construcción de la presa del Romeral para realizar el suministro de agua al Real Sitio de San Lorenzo de El Escorial, desconociéndose las características de esta presa. La presa quedaría con el tiempo arruinada, siendo reconstruida inmediatamente aguas arriba, bajo la supervisión de Juan de Herrera. El perfil de la presa era de gravedad y sección rectangular, de unos 17 m de altura máxima y aproximadamente 10 m de anchura. A finales del siglo XIX se realizaron una serie de reparaciones sobre las fábricas de los paramentos, que se encontraban dañadas por la pérdida de mortero y los vertidos por coronación, y un recrecido trapecial que elevó la altura de la presa hasta los 20 m actuales. Este recrecido consiste en un pequeño muro de fábrica dispuesto del lado de aguas arriba, de menor anchura y perfil racional. La presa presenta una planta recta de unos 70 m de longitud.

A comienzos del siglo XX la reducida capacidad del vaso era insuficiente para asegurar el suministro de agua al municipio de San Lorenzo y al Real Sitio, por lo que se procedió a un recrecido del embalse con la construcción de la tercera presa del Romeral, situada a unos 130 m aguas abajo de la anterior. Las obras de esta última presa, también de mampostería, finalizaron en el año 1927. Su perfil se diseñó de acuerdo con los criterios de Levy, siendo su altura máxima de 31 m. En la actualidad la finalidad principal del embalse es el suministro de agua para la red de extinción de incendios de su entorno.

La presa de Valdeinfierno se construyó para complementar la función reguladora y de laminación de la segunda presa de Puentes, construida a unos kilómetros aguas abajo. Los trabajos de construcción comenzaron en el año 1789, pero se abandonaron en el año 1806 como consecuencia de la rotura, unos años antes, de la presa de Puentes. En aquel momento la presa alcanzaba una altura de poco más de 30 m de los aproximadamente 50 m que podrían haberse considerado en su proyecto.

La planta de la presa es una poligonal formada por siete lados, que se acerca mucho a la forma de un arco circular de 100 metros de radio. El perfil de la

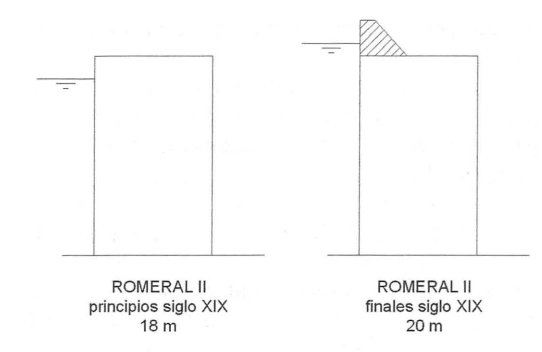


Figura 9
Recrecido de la presa de el Romeral

presa construida resulta muy robusto, lo que viene acrecentado por la no finalización de las obras. La altura de presa sobre el cauce alcanzaba aproximadamente 31,4 m —unos 33,6 m sobre cimientos— estando el cuerpo diferenciado claramente en dos zonas. La parte inferior, que se debió construir de acuerdo con el proyecto original, presentaba una altura de 25,65 m, variando su espesor entre los 40,7 m de la zona inferior y 30,6 en la plataforma intermedia. El paramento suso era vertical, mientras que el yuso estaba formado por una poligonal quebrada. La plataforma situada a este nivel se dispuso con pendiente apreciable, con el objeto de favorecer el vertido de las avenidas por coronación. El cuerpo superior se corresponde con un intento de rematar la construcción de la presa con una altura claramente inferior a la inicialmente proyectada, que debió parecer peligrosa tras el desastre de Puentes. El espesor de esta zona se reduce desde 15,70 a 12,50 m, estando retranqueado unos 15 m en el paramento de aguas abajo con el objeto de uniformizar el paramento mojado.

Las crecidas sufridas en el último cuarto del siglo XIX motivaron el que, cerca de 70 años después de su abandono, se retomara la reparación y recrecido de las presa de Valdeinfierno. Las obras se desarrollaron entre 1892 y 1897, quedando parcialmente inacabadas hasta que en 1953 se instalaron los elementos de regulación del desagüe y la toma. Posteriormente, en 1965 se finalizó un refuerzo del perfil de la presa en la zona recrecida y en el año 1973 concluirían las obras de construcción del actual aliviadero de superficie.

El recrecido consistía en la adición de un cuerpo superior de 15 m de altura, que presentaba planta circular. Estaba formado por cuatro arcos tangentes de aproximadamente 80 m, 89 m, 134 m y 109 m de radio, que se prolongaban con un pequeño tramo recto en el estribo izquierdo. A diferencia del cuerpo original de la presa, el nuevo recrecido se diseñó siguiendo los principios de la Mecánica Racional. El perfil del recrecido presentaba sección triangular con paramento aguas arriba vertical, y un talud de 0,68 en el de aguas abajo aguas abajo. El ancho de la coronación era de 4 m, lográndose el acuerdo entre la zona inclinada y vertical del paramento aguas abajo mediante un acuerdo curvo. Con el objeto de mejorar el reparto de tensiones sobre el macizo antiguo se dispuso el paramento de aguas arriba del recrecido con un retranqueo de 2,75 m sobre el inferior, formando una banqueta de unos 2,75 m de anchura, que se emplearía desde ese momento como camino se servicio para las labores de explotación.

En el año 1960 se realiza una inspección a la presa de Valdeinfierno en la que se ponen de relieve los problemas de seguridad de la presa entre los que destaca-

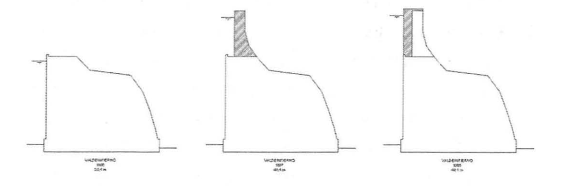


Figura 10
Recrecido y refuerzo del perfil de la presa murciana de Valdeinfierno

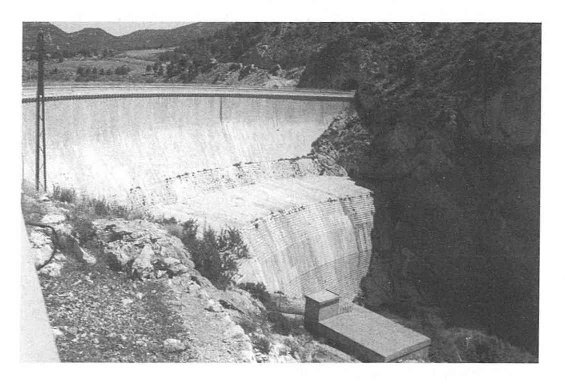


Figura 11
Vista de la presa de Valdeinfierno desde aguas abajo

ban, por su importancia, la estabilidad comprometida del refuerzo y la clara insuficiencia del aliviadero de la presa, que confería mayor peligrosidad a la estabilidad del recrecido. Esto motivó la ejecución de un refuerzo de hormigón en el paramento de aguas arriba, que se finalizaría en el año 1965, y consistía en un cuerpo de 2,75 m de espesor medio y 15,7 m de altura en el que se dispusieron juntas de contracción cada 14 m. Durante la ejecución del refuerzo se aprovechó para recrecer la obra en una altura de aproximadamente 0.7 m, con el objeto de mejorar la laminación.

La presa de Arguis se construyó cerca del nacimiento del río Isuela, en el término municipal del que toma el nombre, con el objeto de paliar la escasez de agua para los riegos del término municipal de Huesca. Las primeras gestiones se remontan a mediados del siglo XVII, desarrollándose los trabajos de construcción entre los años 1683 y 1704. Se trataba de una presa de planta recta encajada en una cerrada estrecha, hasta el punto de que la longitud en coronación era de tan sólo 35 m. La sección de la presa era trapecial, de espesor ligeramente decreciente, desde los 13 m de la base a los 11 en la plataforma de coronación, en una altura de 18 m. La coronación poseía pendiente hacia aguas abajo y se hallaba coronada hacia aguas arriba por un muro de 3 m de altura, de forma que la altura total se encontraba próxima a los 22,5 m. Los paramentos resultantes eran prácticamente verticales, con un talud 1H:10V el de aguas abajo, mientras que el de aguas arriba estaba formado por varios planos verticales con retranqueos de 0,1 m. El perfil resultante era de gravedad, resultando la sección muy ajustada para aguantar las acciones generadas durante los vertidos por coronación –en ocasiones superiores a 1 m de calado— lo que pone de manifiesto la contribución del empotramiento en los estribos en la estabilidad de la presa.

En el año 1876 se redactó un informe sobre las mejoras necesarias para aumentar la capacidad del embalse, que no se llegarían a materializar. Habría que esperar a 1910, cuando Lorenzo Pardo redacto un nuevo proyecto de recrecido, para que se retomase la idea del recrecido de la presa, cuyas obras se finalizarían en el año 1929. Después del de Valdeinfierno, se trata del primer recrecido moderno realizado sobre un perfil de diseño intuitivo. Al ser el perfil original menos robusto y la altura del recrecido de cerca de 5 m, la simple adición de un bloque en la zona superior resultaba peligrosa, siendo ésta la primera presa española en la que se acometió el recrecido mediante la adición de masa sobre el talud de aguas abajo. Esta solución era más costosa y exigía la demolición parcial de la fábrica antigua –durante los trabajos fue necesaria una demolición mayor a la inicialmente pensada— para lograr una imbricación adecuada entre la fábrica nueva y la original.

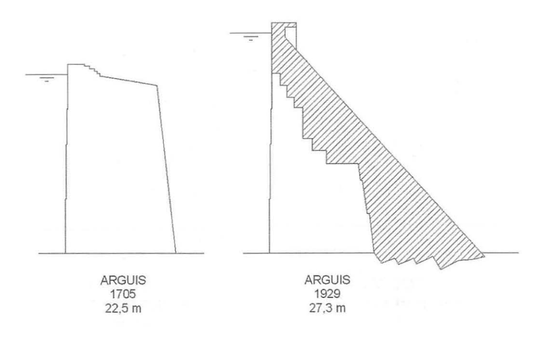


Figura 12
Recrecido de la presa de Arguis

Presas de mediados del siglo XIX a mediados del siglo XX

En el último tercio del siglo XIX se introducen los criterios de la Mecánica Racional en el diseño de las presas españolas, experimentándose notables avances en cuanto a la importancia de los proyectos y la calidad de los diseños. A comienzos del siglo XX se planifica la construcción de un gran número de presas, principalmente de regadío, de forma que durante el primer tercio de este siglo se alcanza un ritmo de construcción notablemente elevado. La inmensa mayoría de estos proyectos se corresponden con presas de fábrica pétrea —mamposterías y sillerías más o menos evolucionadas— habiéndose recrecido posteriormente un buen número de ellas.

Algunos de estos recrecimientos son de gran importancia, habiendo sido posibles al tratarse de presas originales con diseños más modernos que los de épocas pasadas, con mejor selección y puesta en obra de los materiales, y con información abundante sobre su diseño y construcción. Por tratarse de presas mejor conocidas, se recogen tan sólo (figs. 9 a 12) las secciones más representativas y las datos de mayor importancia.

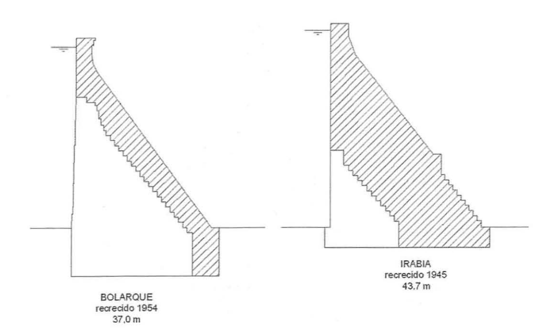


Figura 13
Recrecido desde aguas abajo de las presas de Bolarque e Irabia

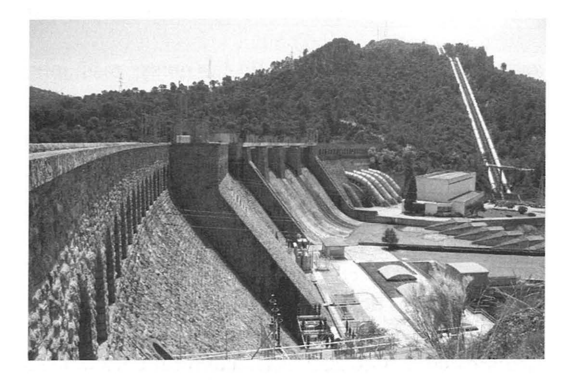


Figura 14
Vista de la presa de Bolarque desde la margen derecha

ANÁLISIS DE LAS SOLUCIONES ADOPTADAS

A lo largo del tiempo las soluciones empleadas para el recrecido de presas han sido muy variadas, desde la simple adición de un macizo de fábrica en la zona superior hasta la disposición de cables postesados.

Tradicionalmente, las soluciones más fáciles y económicas han sido la adición de un cuerpo adicional de fábrica en la zona superior, y/o una pequeña sobreelevación del umbral de los aliviaderos. Inicialmente, fueron las alternativas técnica y económicamente más razonables, pero el incremento en la capacidad de embalse obtenida por estas vías ha ido disminuyendo con el tiempo, como consecuencia de las mayores exigencias en seguridad. Entre las presas en las que se ha empleado una solución de este tipo cabría señalar: Ermita de Virgen del Pilar, Almansa, Albuhera de Feria, Relleu, Valdeinfierno, Romeral, Campofrío y Conde de Guadalhorce.

Cuando el aumento de la capacidad de embalse ha requerido recrecidos de mayor importancia, ha sido preciso recurrir a soluciones más costosas y técnicamente más complejas como:

- Recrecido con la adición de fábrica del lado de agua arriba. Esta solución resulta estructuralmente ventajosa, siempre que la altura del recrecido no sea excesiva. No obstante, presenta el inconveniente de exigir el vaciado completo del embalse. Entre los casos en los que se ha utilizado o planteado esta solución se pueden citar los de Riudecañas, Alsa y Santolea.
- Recrecimiento con la adición de una masa de fábrica sobre el talud de aguas abajo de la presa. Aunque se trata de una solución estructuralmente más ventajosa que la anterior para recrecidos de gran altura, presenta mayores problemas para lograr el trabajo solidario de la fábrica antigua y la moderna; cuestión que resulta más delicada en fábricas pétreas antiguas —mamposterías y sillerías— que en los hormigones más modernos. El éxito alcanzado por los ingenieros británicos en el recrecido de la presa egipcia de Aswan influyó notablemente en la adopción de esta solución en las presas españolas de Arguis y Bolarque. En las últimas décadas esta solución es sido cuestionada por implicar la desaparición de paramentos pétreos de gran valor histórico y estético, hasta el punto de optar por otras soluciones. Sin embargo, en ocasiones como el reciente y gran recrecido de la presa norteamericana de Roosevelt ha sido inevitable el que una presa de gran histórico y técnico haya desaparecido bajo una fábrica moderna de hormigón.
- Disposición de cables metálicos postesados para anclar la presa al macizo de cimentación. Habitualmente ha sido un complemento a la adición de masa en coronación, cuando ésta ha resultado excesiva. Normalmente ha sido una solución poco deseada por los problemas de

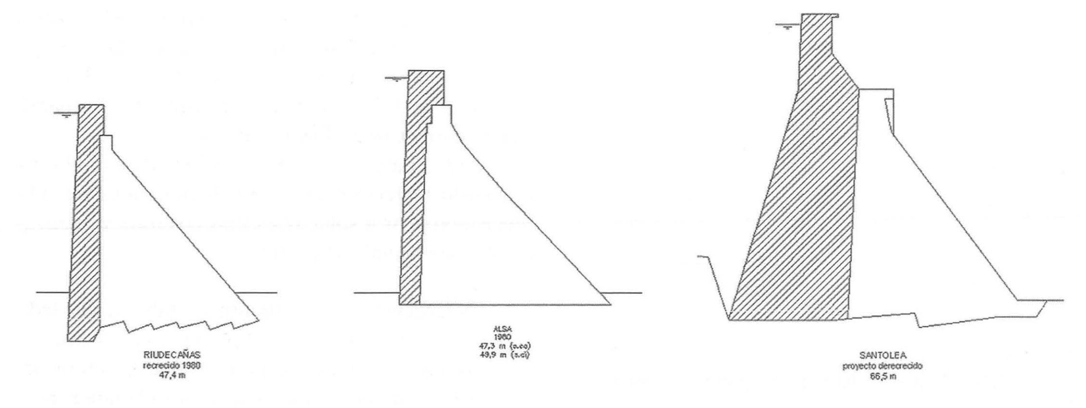


Figura 15
Recrecido desde aguas arriba de las presas de Riudecañas, Alsa y el proyectado de Santolea

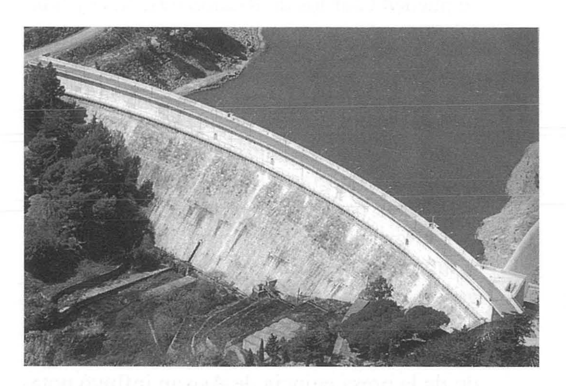


Figura 16
Vista aérea de la presa de Riudecañas (Ministerio de Medio Ambiente)

seguridad a largo plazo, derivados del riesgo de relajación y corrosión de los cables. Probablemente, la primera aplicación de esta solución en fábricas pétreas sea el recrecido, por ingenieros franceses, de la presa argelina de Cheurfas en el año 1925. En España este sistema ha sido utilizado recientemente en la presa de mampostería de la Cierva.

Dentro de los recrecidos es importante diferenciar aquellos que ya se habían previsto durante las fases de proyecto o construcción de la presa, ya que en ese caso resulta más apropiado referirnos a ellos como «construcción por etapas». En las presas más antiguas la ausencia de documentación dificulta esta distinción, resultando más fácil en las presas construidas en la segunda mitad del siglo XIX y, en mayor medida, durante la primera mitad del siglo XX. Se trata de pequeños recrecidos de unos 2 m de altura —caso de Conde de Guadalhorce— y a lo sumo de 3 o 4 m, que ya se consideraban en el diseño del perfil. Los motivos de estos planteamientos son muy variados, pudiéndose señalar las limitaciones económicas, las dudas sobre la respuesta hidrológica real de la cuenca y la eficacia de cierta solución de aliviadero, la consideración de futuros aumentos de la demanda, e incluso problemas administrativos y legales. Entre las presas de mampostería en las que la construcción por etapas fue se mayor relevancia se pueden señalar la presa de Puentes Viejas —abastecimiento de aguas a Madrid— y alguna construida en la isla de Gran Canaria.

En ocasiones, el recrecimiento directo de la presa ha sido imposible por razones geológicas, topográficas, estructurales, o simplemente económicas; debiendo recurrirse a la construcción de una nueva presa en las proximidades de la cerrada antigua. Lamentablemente esto ha supuesto la desaparición, bajo las aguas del nuevo embalse, de presas de gran valor para la ingeniería española. Este es el caso de las presas de Castellar, Romeral, Peña del Águila, Guadalcacín y Manzanares el Real. En los últimos años, la sensibilidad de los ingenieros a estas cuestiones ha sido más respaldada que en épo-

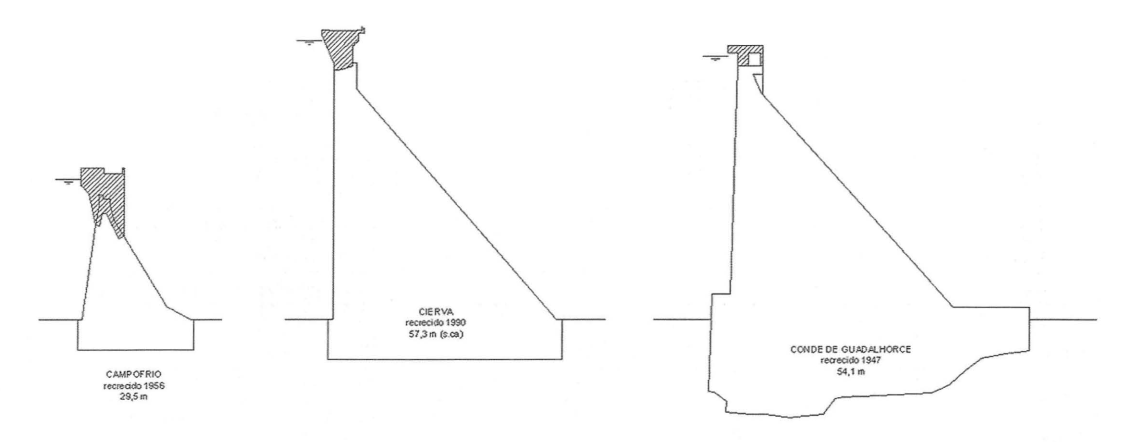


Figura 17
Recrecido mediante la adición de un bloque en coronación en las presas de Campofrío y Conde de Guadalhorce, postesado en el caso de la Cierva

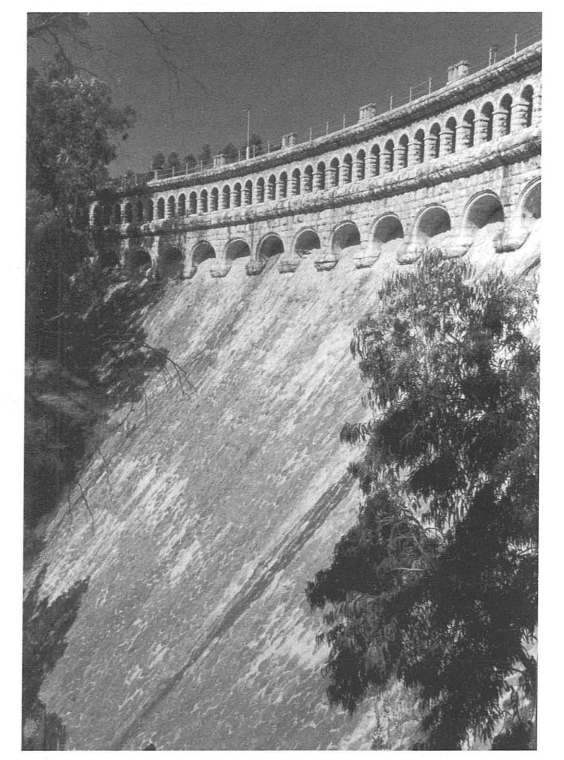


Figura 18
Vista desde aguas abajo de la presa de Conde de Guadalhorce

cas anteriores, permitiendo salvaguardar para generaciones futuras importantes presas como la tercera de Puentes.

Conclusiones

Los recrecidos de las presas han ido siempre estrechamente vinculados a las reparaciones y refuerzos, aprovechando la ejecución del recrecido para acometer estos otros tipos de obras ya que, en algunos casos, no justificaban por sí mismas el vaciado total o parcial del embalse

Las razones que han motivado el recrecido de las presas han sido tradicionalmente:

- El aumento de las demandas, que ha exigido mayor volumen de regulación; siendo, en algunos casos, la alternativa del recrecido más favorable, tanto desde un punto de vista económico, como social y ambiental
- Compensar la pérdida de capacidad de aquellos embalses que han sufrido graves aterramientos
- Optimizar la generación de energía de ciertos aprovechamientos
- Más recientemente, la mejora de la seguridad mediante el aumento de los resguardos y el incremento de la capacidad de laminación

Tabla 1
Principales recrecimientos de presas españolas de mampostería y/o su embalse

Presa	Construcción original		Recrecimiento		Solución de recrecido
	Fecha	Altura	Fecha	Altura	
Ermita de Virgen del Pilar	Siglo I	14	Siglo II	18	Bloque superior
Iturranduz	Siglo II	6 a 7	Siglo III a IV	7	Aguas arriba
Proserpina	Siglo I	6,8	Siglo II	20,6	Posible construcción por etapas
Esparragalejo	Siglos I a II	3,2	1950	5,6	Bloque superior
Castellar	1500	17	1970		Nueva presa aguas abajo
Almansa	1587	14,5	1790	23,4	Bloque superior
Relleu	1653	28	1879	31,9	Bloque superior
Arguis	1705	22,5	1929	27,3	Aguas abajo
Albuhera de Feria	1747	18	1810–1950	23,5	Bloque superior y contrafuertes
Valdeinfierno	1806	33,4	1897	48,4	Bloque superior
Romeral	1811	18	1890–1927	20	Bloque superior - nueva presa aguas abajo
Campofrío	1883	25,5	1956	29,5	Bloque superior
Puentes	1884	74	2001		Nueva presa aguas abajo
Peña del Águila	1892	22	1988		Nueva presa aguas abajo
Manzanares El Real	1908	30	1968		Nueva presa aguas abajo
Bolarque	1910	37	1954	43,7	Aguas abajo
Guadalcacín	1917	44	1995		Nueva presa aguas abajo
Riudecañas	1918	40,9	1980	47,4	Aguas arriba
Alsa	1920	42,6	1950	49,9	Aguas arriba
Conde de Guadalhorce	1921	70,3	1947	74,1	Bloque superior
Irabia	1925	19	1945	44	Aguas abajo
Puentes Viejas	1925	40	1935	66	Construcción en dos etapas
Cierva	1929	59	1990	65,3	Bloque superior con postensado
Santolea	1932	50	2007	66,5	Aguas arriba (proyecto)

El número de presas sobre las que se ha actuado es importante, siendo las soluciones adoptadas muy variadas como consecuencia de la complejidad de esta cuestión. El elevado número de presas de mampostería que se mantienen en servicio, hace pensar en que en un futuro próximo las actuaciones de reparación y posible recrecido, serán cada vez más frecuentes. En este contexto, la experiencia alcanzada con los recrecidos ya realizados será de gran utilidad para optimizar las soluciones, y contribuir a preservar los valores históricos y estéticos de estas presas.

Lista de referencias

Díez-Cascón, J; Bueno, F. 2001. *Ingeniería de presas. Presas de fábrica*. Santander: Universidad de Cantabria.

Díez-Cascón, J; Bueno, F. 2003. *Las presas y embalses en España. Historia de una necesidad. I Hasta 1900*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.

Alonso, M. 2003. *Recrecimiento de presas. Dam Maintenance and Rehabilitation*. Lisse: Swets & Zeitlinger Publishers.

D. Saldaña (preparación). *Presas de Mampostería en España*. Tesis doctoral. Santander: Universidad de Cantabria.

Avatares del camino de Burgos a Bercedo

Lorenzo Saldaña Martín
Hernán Gonzalo Orden
Marta Rojo Arce

La construcción del camino real de Burgos a Bercedo se inició por Decreto Real de 20 de Julio de 1828 en tiempos de Fernando VII, para mejorar las comunicaciones con los puertos del norte. En el mismo se incluía un ramal a Villadiego (Burgos).

Construido mediante la constitución de una sociedad y financiado mediante la emisión de acciones, éstas se encontraban suscritas por empresarios bilbaínos y burgaleses. Sin embargo, una vez ejecutadas las obras, los pueblos que se encontraban en el tramo debían pagar el peaje correspondiente, lo cual provocó un gran descontento y desembocó en la negativa al pago del mismo.

Sin la financiación prevista del peaje, no había presupuesto para conservación, lo que llevó a una degradación progresiva de los tramos y, finalmente, a la necesidad de que el Estado se hiciera cargo de la conservación de dicho camino. Todo ello llevó a una reclamación por parte de los titulares legítimos y a un sin fin de pleitos que concluyó con el pago de una parte del camino. Actualmente se han llevado a cabo obras de mejora del trazado tanto en planta como en alzado que han corregido la geometría original.

Con el presente trabajo, se pretende dar un repaso a los diferentes avatares y vicisitudes de los tramos que componen el Camino de Burgos a Bercedo, parte de la actual carretera de Burgos a Bilbao por Villarcayo, desde su construcción, financiación y conservación, teniendo en cuenta que, a día de hoy, de los seis tramos en los que se descompone el citado camino, el primero forma parte de la carretera titularidad del Estado N–623, los tramos segundo y cuarto son parte de la carretera Autonómica CL–629, el tramo tercero corresponde a la carretera del Estado N–232, el quinto forma parte de la N–629 y el sexto está incluido en las carreteras Autonómicas BU–502 y BU–601. Es interesante destacar que los primeros que se incorporaron a la titularidad estatal, son los que forman parte de la Red del Estado, mientras que, aquéllos que tuvieron más problemas, debido tanto a las dificultades orográficas que en ellos se encuentran como a las de conservación y valoración (Puerto de La Mazorra y Puerto de Bocos), fueron los más complicados de gestionar desde el punto de vista administrativo y por ello forman parte actualmente de la Red Autonómica, junto con el Ramal a Villadiego.

Todos los datos se han obtenido de los documentos que obran en poder de los herederos de D. Mariano Lostau y Páramo (1864–1956), médico burgalés, que formó parte tanto de la Comisión Auxiliar como de la Comisión de Accionistas del Camino de Burgos a Bercedo a principios del siglo XX.

La construcción del camino de Burgos a Bercedo

Por R. D. de 20 de julio de 1828, S.M. el Rey D. Fernando VII autorizó la construcción de una carretera, llamada de Burgos a Bercedo, la cual, partiendo de Burgos, enlazara la Capital del Reino con varios puertos del Cantábrico, como Bilbao, Castro Urdia-

les, Santander, Laredo y Santoña (plaza fuerte esta última en aquella época), para lo cual encargó la construcción de las obras y la administración de dicha importante vía de comunicación (la cual tenía una longitud de 94 Km.) a una Junta domiciliada en Burgos y nombrada por el Gobierno de S. M., llamada Real Junta Directiva del Camino de Bercedo. Para disponer de presupuesto con el que pagar a los constructores de la carretera, dicha Junta emitió en el año 1830 unos títulos llamados «Acciones del Camino de Burgos a Bercedo», pero que, en realidad, eran una especie de Obligaciones de dicho Camino, por tener un interés fijo del 5% anual, contado desde el 1 de Junio de 1830, y una amortización señalada en un plazo determinado.

Estas llamadas Acciones se emitieron en número de 4.842 y eran de 2.000 reales cada una de ellas, representando por tanto un capital de 9.684.000 reales, cuyos títulos, como ya se ha indicado, debían devengar un interés del 5% anual.

Así mismo, se facultó a la citada Junta para que, por medio de esas Acciones, atendiese también a los gastos de las nuevas obras que posteriormente se ejecutaron, a fin de construir un ramal de carretera desde Cernégula a Villadiego, llamado ramal de Villadiego, con una longitud de unos 40 Km. aproximadamente.

Para el pago de las expropiaciones, se procedió de manera similar, emitiendo posteriormente otras Acciones, en número de 986, de diferente valor nominal cada una de ellas, y las cuales debían devengar un interés anual del 4%, vencedero en igual fecha que las primeras. En este caso, aún es desconocido el importe del capital que éstas representaban, puesto que el valor nominal de cada una de ellas era variable, según el importe de cada expropiación, pero siempre con un valor inferior a 2.000 reales.

Tanto el pago de estos intereses como el de la amortización del capital citado quedaban garantizados con el establecimiento de varios arbitrios ocho provincias que estaban interesadas entonces en la construcción de la carretera. Estas nueve provincias eran las que, junto con la de Burgos, hoy en día conforman nuestra Comunidad Autónoma, de modo que se establecieron arbitrios en las provincias de: Ávila, Palencia, León, Salamanca, Soria, Segovia, Valladolid y Zamora. En la figura 1 aparecen reflejadas dichas provincias, resaltando además el trazado del Camino Real de Burgos a Bercedo.

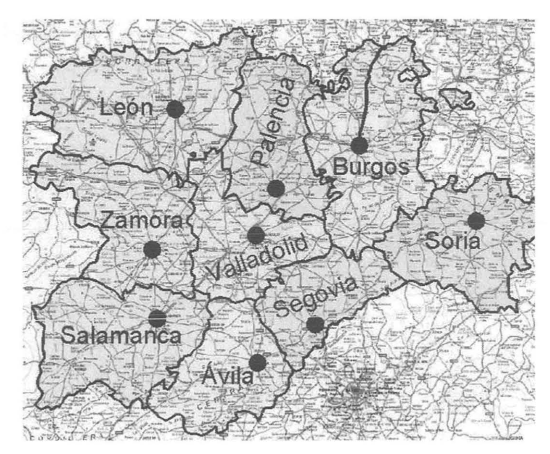


Figura 1
Provincias en las que se establecieron arbitrios

También se establecieron en la carretera y ramal de Villadiego, que tenían en total una longitud de 134 km aproximadamente, algunos portazgos, con cuya recaudación se atendía a los gastos de reparación tanto de la citada carretera como del ramal. Estos portazgos continuaron de tal manera hasta que fueron suprimidos en toda España hacia el año 1882, por el Excmo. Sr. D. José Luis Alvareda, Ministro de Fomento en aquella época.

La Comisión Auxiliar y la Comisión de Accionistas

El funcionamiento de la Sociedad, una vez terminadas las obras, se hacía por una Comisión llamada Comisión Auxiliar del Camino de Bercedo, domiciliada en Burgos, la cual estaba formada por siete personas, que eran a saber:

1. Excmo. Sr. Gobernador Civil de la Provincia de Burgos.
2. Dos Diputados Provinciales de la provincia de Burgos nombrados por la Diputación.
3. Dos representantes nombrados por todas las demás provincias que subvencionaban la carretera y que eran las ocho citadas antes.
4. Dos representantes de los Accionistas.



Año 1916. Miércoles 9 de agosto Núm. 181.

Boletín Oficial

DE LA PROVINCIA DE BURGOS

Parte oficial.

Gobierno Civil.

Circular.

Debiendo procederse á la de... nación de los dos representante... los accionistas del camino de B... gos á Bercedo que constituyen p... de la Comisión auxiliar del mi... camino, y conforme á lo dispu... en el Reglamento de dicha Comi... auxiliar, aprobado por Real orde... 23 de septiembre de 1842 y publ... do en el BOLETÍN OFICIAL de ... provincia de 7 de octubre del mi... año, he acordado convocar par... doce del día 2 de septiembre p... mo, mi en despacho, á todos los ... tores, que lo serán los tenedore... 40 ó más acciones que lo justifiq... en el acto, á fin de que bajo mi ... sidencia se haga la designación ... los dos representantes, pudiendo ... electores delegar su derecho por ... dio del correspondiente poder ... forma legal, á favor de las pers... que tengan por conveniente.

Burgos 8 de agosto de 1916.= ... Gobernador civil de la provinci... Burgos, Presidente de la Comi... auxiliar del camino de Burgo... Bercedo, Juan José Serrano y ... mona.

Figura 2
Anuncio aparecido en el BOP de Burgos de 9 de Agosto de 1916

Esta Comisión Auxiliar se regía por un Reglamento aprobado por R.O. de 23 de Septiembre de 1842, el cual fue publicado en el Boletín Oficial de la provincia de Burgos de fecha 7 de Octubre del mismo año. En la figura 2, se adjunta un anuncio aparecido en el Boletín Oficial de la Provincia de Burgos, en el que se cita dicho Reglamento que regula la Comisión Auxiliar.

Además, existía en Bilbao una Comisión de Accionistas llamada «Comisión Directiva de Accionistas del Camino de Burgos a Bercedo», la cual representaba a estos últimos en sus relaciones oficiales con la Comisión Auxiliar y con el Estado. Dicha Sociedad funcionó con regularidad hasta el año 1845, fecha en la que por diversas causas, todas las provincias citadas se negaron al pago de los arbitrios establecidos.

Los últimos dividendos pagados por la Comisión Auxiliar a los Accionistas fueron los del vencimiento de fin de mayo de 1844, aunque es de destacar que, en los últimos años de este período, a menudo se pagaron con gran retraso, a juzgar por los cajetines de pago puestos en las Acciones.

A juzgar por los datos, las Acciones del 5% amortizadas durante esta época fueron 253, o sea 506.000 reales, de modo que, en el año 1920, aún existían en circulación 4.589 Acciones, lo que supone un valor de 9.178.000 reales.

De las que tenían un interés del 4%, se amortizaron también 290 Acciones, con valor desconocido como ya se ha indicado anteriormente, restando todavía, en la misma fecha, 696 unidades.

Incorporación de los primeros tramos a la Red del Estado

En vista de la negativa de las provincias al pago de los arbitrios a que estaban obligadas, a pesar de haberse dictado varias RR.OO. circulares obligándolas al pago de los mismos —se puede citar, por ejemplo, la de 30 de noviembre de 1852—, y sin haberse obtenido éxito alguno al solicitar el cumplimiento de dichas RR.OO., la Comisión gestionó la incautación por el Estado tanto de la citada carretera de Burgos a Bercedo como del ramal hacia Villadiego.

De este modo, y después de varias gestiones, se incluyó en el Plan de Carreteras del estado de 1877, los cuatro tramos siguientes:

Tabla 1
Tramos incluidos en el Plan de Carreteras del Estado de 1877

Número de tramo	Origen/Destino	Longitud
Tramo 1º	De Burgos a Sotopalacios	11,683 km
Tramo 3º	De Valdenoceda a Incinillas	6,197 km
Tramo 5º	De Villasante a Bercedo	4,105 km
Tramo 6º	Ramal de Villadiego	40,308 km
TOTAL		62,293 km

Por otra parte, la Comisión Directiva de Accionistas de Bilbao gestionó también la inclusión en el citado Plan de los dos tramos que restaban sin incluir, y que eran los siguientes:

Tabla 2
Tramos no incluidos en el Plan de Carreteras del Estado de 1877

Número de tramo	Origen/Destino	Longitud
Tramo 2º	De Sotopalacios a Valdenoceda	52,450 km.
Tramo 4º	De Incinillas a Villasante	19,186 km

Estos dos tramos habían sido incluidos en el Plan en los dictámenes del Congreso y del Senado, figurando ambos en las listas adicionales al proyecto de Ley del Plan de Carreteras del estado de 1877, de tal manera que, para la inclusión de los mismos se autorizaba al Gobierno de S.M. por las Cortes. A tal efecto, se formó el oportuno expediente, en el que infor-

maron favorablemente a esta petición, además de varios pueblos de las provincias citadas, la Diputación Provincial de Burgos, el Ingeniero Jefe de Obras Públicas de Burgos y la Comisión Auxiliar del Camino de Bercedo. Pero esto no obstante, el Gobierno de S.M. por R.O. de 4 de Febrero de 1878, denegó esta petición, en contra de todos los ya citados informes, y fundándose solamente en la conveniencia y no en la necesidad de la inclusión de dichos tramos en el Plan de Carreteras del Estado.

Para cumplir lo dispuesto, se encomendó al Sr. Ingeniero Jefe de Obras Públicas de la provincia de Burgos —nombrado de común acuerdo entre el Estado y los Accionistas— la valoración de los cuatro primeros tramos incautados por el Estado. Una vez practicada dicha tarea, la cual fue aprobada por R.O. de 21 de Enero de 1881, la valoración resultó de la forma que sigue:

Tabla 3
Valoración de los tramos incluidos en el Plan de Carreteras del Estado de 1877

Concepto	Valor
Valor de cuatro tramos de carretera	878.266,99 pesetas
Id. del terreno ocupado por ellos	57.899,35 pesetas
TOTAL	936.096,34 pesetas

Esta cantidad, que constituye el 36,87% del capital inicial, fue la que el Estado acordó pagar a la Comisión Auxiliar del Camino de Bercedo, domiciliada en



Figura 3
Tramos del Camino Real de Burgos a Bercedo

Burgos, en seis anualidades de 156.016,05 pesetas cada una, aunque una de ellas se dividió posteriormente en dos semestres de 78.008,03 pesetas, a causa de algunas dificultades al hacer el primer pago.

Una vez cobrada por la Comisión Auxiliar cada semestre o anualidad, se procedía por ésta, previamente a la realización del reparto a los Accionistas, a separar del libramiento una cantidad correspondiente a las necesidades para atender el pago de la conservación de los tramos 2º y 4º, no incautados por el Estado. Posteriormente, el resto de lo que quedaba se repartía entre los Accionistas, en proporción al valor nominal de cada una de las Acciones. En la figura 3 aparecen resaltados los 6 tramos indicados.

Los dos tramos restantes

La conservación de los tramos 2º y 4º continuó con gran economía hasta que el estado hizo el último pago, ya que, posteriormente, la Comisión Auxiliar no pudo, por falta de fondos, conservarlos a partir del 1 de enero de 1888. A partir de entonces, la Diputación Provincial de Burgos se encargó de la conservación de estos dos tramos, hasta que finalmente se hizo cargo de la misma el Estado, a mediados del año 1900.

Con fecha 31 de Julio de 1883, se publicó una Ley, por la cual se incluía en el Plan General de Carreteras del Estado una vía que se llamaba de Burgos a Bercedo, y en la que se autorizaba al Gobierno de S.M. para que, si lo creía conveniente, abonara a la Comisión Auxiliar de Bercedo el importe de los citados tramos, en lugar de construir otros dos nuevos en esas dos secciones.

Posteriormente, con fecha 10 de mayo de 1895, se publicó otra Ley por la cual se confirmaba la inclusión en el Plan de Carreteras del Estado de los dos tramos citados, y en la que se autorizaba al Gobierno para la Conservación de los mismos por cuenta del Estado.

Como consecuencia de las dos citadas leyes de 1883 y 1895, y después de diferentes trámites y oídos diferentes centros consultivos —entre ellos a la Junta consultiva de Caminos, Canales y Puertos—, se dictó una R.O con fecha 21 de Junio de 1900 y en cuya parte dispositiva se ordena lo siguiente:

S.M. el Rey (q.D.g.) y en su nombre la Reina regente del Reino, se ha servido resolver:

1º.- Que el Estado debe hacerse cargo desde luego de la conservación de los tramos del Camino de Burgos a Bercedo que aún no están en su poder, autorizando al Ingeniero Jefe de Burgos para redactar el oportuno proyecto de reparación del citado Camino, en el que deberá colocar catorce camineros que atiendan a su conservación ordinaria, a cuyo efecto remitirá asimismo el correspondiente presupuesto para el acopio del material necesario.

2º.- Que al hacerse cargo el Ingeniero Jefe de Burgos de los tramos del Camino de Bercedo comprendidos entre Sotopalacios y Valdenoceda y entre Encinillas y Villasante, se tomarán los datos necesarios que den a conocer en todo tiempo y con entera precisión el estado actual de las obras que comprende la carretera, con las indicaciones necesarias respecto a la explanación y afirmado, obras de fábrica y accesorias, así como respecto de arbolado, parcelas, etc., cuya operación será presenciada por el Gobernador civil de Burgos o la persona en quien delegue sus facultades a este efecto, debiendo asimismo hacer la correspondiente invitación a los Accionistas que forman la Comisión Auxiliar, por si se considera conveniente asistir al acto y firmando todos el acta en que se hagan constar los datos indicados.

3º.- Que se autorice a la Dirección General de Obras Públicas para que proceda a practicar una liquidación llamando a presentación los títulos y teniendo a la vista los documentos que obre en poder de la Comisión Auxiliar y los datos relativos a la construcción, conservación y demás que se crean necesarios o convenientes para examinar la gestión desde la creación de la Empresa del Camino de Bercedo, debiéndose oír antes de resolver respecto de este punto la autorizada opinión del Consejo de Estado.

De orden del Sr. Ministro lo comunico a V.S. para su conocimiento, el de los Ayuntamientos interesados y de la Comisión Auxiliar del Camino de Bercedo y para el conocimiento del Ingeniero Jefe de esa provincia y demás efectos.

La Comisión Directiva de Accionistas de Burgos a Bercedo, con fecha 10 de Abril de 1920, elevó una instancia al Ministro de Fomento en el que, invocando la R.O. anterior, indicando que el Ingeniero Jefe de Obras Públicas de Burgos, D. Teófilo Rodríguez Bascones, en el año 1900 era tan sólo un Ingeniero subalterno y que no se ha cumplimentado lo dispuesto en dicha R.O., salvo, al parecer, parte de la resolución primera, puesto que, efectivamente el Estado conserva los dos tramos pendientes del Camino, aunque sin haber abonado hasta la fecha cantidad alguna por ellos, y solicitando además se sirva ordenar al Sr. Ingeniero jefe de Burgos que dé cumplimiento de lo dispuesto en las resoluciones segunda y tercera de dicha R.O. de 21 de junio de 1900, cumplimentado, por tanto, lo dispuesto en aquella soberana disposición.[1]

En la figura 4, se adjunta el Acta de la sesión celebrada por la Comisión Auxiliar del Camino de Burgos a Bercedo el día 2 de septiembre de 1916, en la que se acuerda la devolución de los fondos pertenecientes a la sociedad, así como el traslado del archivo de la citada Comisión al de la Diputación Provincial de Burgos.

Contra la desestimación de la petición, hay un recurso contencioso administrativo en el tribunal supremo, que, con fecha 27 de abril de 1922, absuelve a la Administración del Estado, indicando que no se ha podido cumplimentar la R.O. por no poder valorarlo, debido al plazo transcurrido de más de 20 años.

El 24 de Junio de 1920, se celebra una reunión de accionistas en la que se dio cuenta de las gestiones que se estaban celebrando ante el Ministerio de Fomento, y se acordó conceder un voto de gracia al Marqués de Arriluze de Ibarra, por el apoyo prestado

Acta de la sesion celebrada por la Comision Auxiliar del Camino de Burgos a Bercedo.

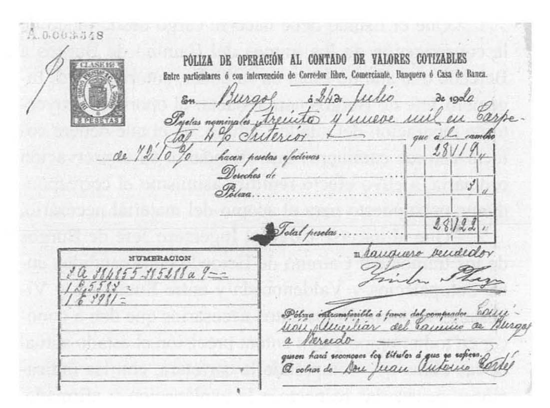
En el Cobierno civil de la provincia de Burgos, a las cuatro horas de la tarde del dia dos de Septiembre de mil novecientos diez y seis, se reunió, bajo la presidencia del Sr. Cobernador civil interino, la Comision Auxiliar del Camino de Burgos a Bercedo, asistiendo los señores Don Juan Antonio Cortés y Garcia de Quevedo, Don Mariano Lostau y Páramo y Don Tomas Santos Carazo, los dos primeros en representacion de los accionistas y el tercero de le Excma. Diputacion provincial, habiendose tomado los acuerdos siguientes: Primero; se dió cuenta y quedó enterada la Comision, de la eleccion verificada hoy para el nombramiento de vocales de la misma representantes de los accionistas, que recayó en los señores ya mencionados, Don Juan Antonio Cortés y Garcia de Quevedo y Don Mariano Lostau y Páramo.-Segundo; se nombró vicepresidente de la Comision, al Sr. Cortés y Garcia de Quevedo y secretario al Sr. Dn. Tomas Santos Carazo.-Tercero; se ratificó el nombramiento de Tesorero recaido en Don Isidro Plaza.-Cuarto; se acuerda llevar el archivo de la Comision al de la Excma Diputacion, previo su oportuno consentimiento.-Quinto; y que se gestione con el Banco de España la devolucion de los fondos pertenecientes a la Sociedad.=

Y no habiendo mas asuntos de que tratar hoy, el Sr. presidente dió por terminado el acto, levantando la sesion, cuya acta firman los señores concurrentes a la misma.

Figura 4
Acta de la sesión de la Comisión Auxiliar del 2 de septiembre de 1916

a estas gestiones, y ratificando al Sr. Landetxo y Compañía, que habían sido nombrados representantes de los accionistas en la Comisión Auxiliar en 1915, a la vez que se indicaba que el estado del negocio era regular.

En la figura 5, se adjunta un comunicado del Gobernador Civil, miembro de la citada Comisión Auxiliar, en el que se reflejan dichos nombramientos y ratificaciones y, en la figura 6, el documento original de compra de acciones de la Comisión Auxiliar a D. Juan Antonio Cortés, fechado a 24 de julio de 1920.


A.0.003.348

PÓLIZA DE OPERACIÓN AL CONTADO DE VALORES COTIZABLES
Entre particulares ó con intervención de Corredor libre, Comerciante, Banquero ó Casa de Banca.

CLASE 14ª 3 PESETAS

En Burgos á 24 de julio de 1920
Pesetas nominales treinta y nueve mil en Carpetas 4% Interior que al cambio de 72'10% hacen pesetas efectivas 28119
Derechos de Póliza 3
Total pesetas 28122

NUMERACION
1 A 114855-115218 a 9
1 B 5557
1 C 7931

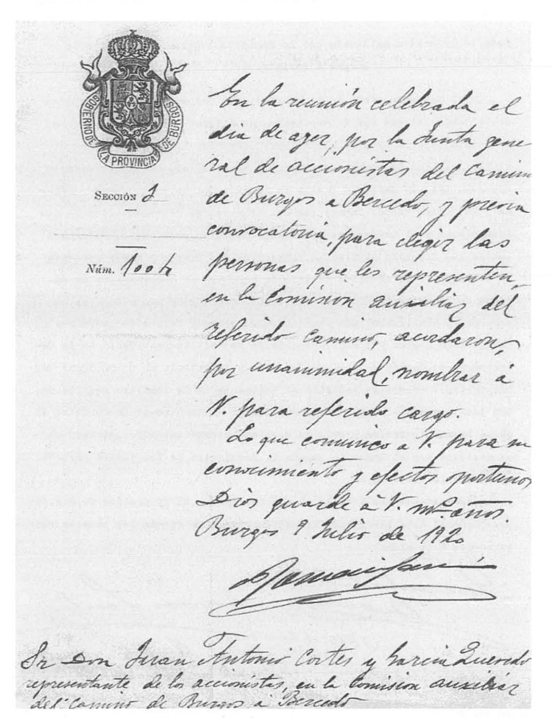
El banquero vendedor

Póliza intransferible á favor del comprador Comisión Auxiliar del Camino de Burgos a Bercedo quien hará reconocer los títulos á que se refiere.
A cobrar de Don Juan Antonio Cortés

Figura 6
Documento de compra de acciones

La liquidación de la Sociedad

El 15 de noviembre de 1923, la Comisión de accionistas pagaba un dividendo del 1% a los accionistas, bien en el Banco de Bilbao o en el Banco de Burgos, si bien y dado el tiempo transcurrido, el número de acciones del 5% que había en los bancos de Bilbao era de 3.000 unidades, mientras que, de las del 4%, ya sólo quedaba en Bilbao un solo poseedor de una de ellas. También esperaba poder pagar un segundo dividendo de un 1% en un plazo corto —se consiguió en diciembre de 1924— y continuaba haciendo gestiones para cobrar los dos tramos —una instancia se reiteró en diciembre de 1924.


GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE BURGOS

Sección 2

Núm. 1004

En la reunión celebrada el día de ayer, por la Junta general de accionistas del Camino de Burgos a Bercedo, y previa convocatoria, para elegir las personas que les representen en la Comisión auxiliar del referido Camino, acordaron por unanimidad, nombrar á V. para referido cargo.
Lo que comunico a V. para su conocimiento y efectos oportunos.
Dios guarde á V. ms. años.
Burgos 9 Julio de 1920

Sr. Don Juan Antonio Cortes y García Quevedo representante de los accionistas, en la Comisión auxiliar del Camino de Burgos á Bercedo

Figura 5
Comunicado del Gobernador Civil del 9 de julio de 1920

En la figura 7, se adjunta una noticia, de la que se carece la fecha, en la que se anuncia el citado cobro del 1% sobre el valor primitivo de las acciones y, en la figura 8, un borrador de las acciones de Burgos, que controlaba Mariano Lostau

El 14 de julio de 1927, el Ingeniero Jefe Rafael Zumárraga, resalta que la Dirección General de Obras Públicas indica que el expediente quedó definitivamente resuelto el 27 de abril de 1922 ante la Sala de lo Contencioso Administrativo, 4ª del Tribunal Supremo. Todo lo anterior queda recogido en una R.O., de 4 de Julio de 1927.

En carta fechada el 8 de mayo de 1928 de Fernando Landecho, que era quien representaba a los accionistas y presidía la Comisión de accionistas, dirigida a D. Mariano Lostau y Páramo, representante de los accionistas de Burgos y que en su día había sido vicepresidente de la Comisión Auxiliar, deciden repartir el dinero y valores que disponía la Comisión de accionistas en Bilbao

Conclusiones

Como se ha podido comprobar, el Camino Real de Burgos a Bercedo sufrió, ya desde su construcción,

Camino de Burgos a Bercedo

:o:

Una buena noticia tenemos que comunicar a los accionistas de dicho Camino.

La Comisión directiva de accionistas del Camino, presidida por nuestro amigo don Fernando de Landecho, acordó en sesión celebrada ayer viernes, y en vista de la situación financiera de la misma y como devolución del capital, repartir a los accionistas desde mediados de noviembre próximo un dividendo efectivo de uno por 100, sobre el valor primitivo de dichas acciones, correspondiendo, por lo tanto, a cada una de las del 5 por 100, cuyo valor primitivo era de reales de vellón 2.000 (o sean pesetas 500), a razón de 5 pesetas cada una, y a las del 4 por 100 en una cantidad variable, pues cada acción de esta clase tiene un valor nominal diferente unas de otras. Es fácil que más adelante se reparta asimismo otro uno por 100, y felicitamos por ello a los poseedores de las acciones, que al fin van a ir cobrando después de tantos años.

Figura 7
Noticia sin fechar referente al cobro de dividendos

Camino de Burgos á Bercedo.

	acciones 4p%	acciones 5p%
D. Mariano Lostau		51
Cabildo Catedral	8	23
Bernabé Rico	3.	40
Felix Cecilia		8
[illegible] Villa = Santillana (F. Villa)		
Comunidad de Carmelitas descalzas		
[illegible] Herederos de Lucas Carranza	1	
Vd de D. Juan y Saleg		25
Vd de D. Antolin Garcia Marquina	1	
Eduardo Martinez del Campo	12	
Diputacion Provincial — 14.		

Figura 8
Borrador de las acciones de Burgos



Figura 9
Correspondencia entre Fernando Landecho y Mariano Lostau

numerosos avatares y vicisitudes, que se han querido reflejar, al menos en parte, en el presente documento.

Además, con la presentada exposición de hechos históricos, se pretende reflejar la idiosincrasia de la época, especialmente en lo referente a las circunstancias del traspaso de titularidad de los diferentes tramos, destacando aquéllos no incorporados a la Red del Estado. De este modo, se ha reflejado de forma breve la historia del citado Camino Real, desde su construcción hasta la disolución de las Juntas que lo dirigían, de modo que se han indicado las principales anécdotas y vicisitudes de las que existen testimonios escritos.

Todos los datos se han obtenido de los documentos que obran en poder de los herederos de D. Mariano Lostau y Páramo (1864–1956), médico burgalés, que formó parte tanto de la Comisión Auxiliar como de la Comisión de Accionistas del Camino de Burgos a Bercedo a principios del siglo XX, así como del Fondo «Camino de Burgos a Bercedo», del Archivo de la Diputación Provincial de Burgos.

Notas

1. El 2 de Septiembre de 1916, la Comisión Auxiliar del Camino de Burgos a Bercedo acordó llevar el archivo de la Comisión al archivo de la Excma. Diputación Provincial.

Lista de referencias

Junta Directiva del Camino de Burgos a Bercedo. 1823–1940. *Camino de Burgos a Bercedo.* Fondo Especial (Sig. H4) del Archivo de la Diputación Provincial de Burgos. 150 u.d. (76 d.c. + 74 libros).

Nolte Aramburu, Ernesto. 1991. «Breves notas introductorias al estudio etnohistórico del Camino Real de Burgos a Bercedo (siglo XIX)». En *Kobie*, Nº V, 179–221. Bilbao.

Real Junta Directiva del Camino de Burgos a Bercedo. 1828. *Memoria sobre el origen del Camino de Burgos a Bercedo, mandado construir por Real Decreto de 20 de julio de 1828, medio empleados al efecto y resultados que han producido.* Burgos: Imprenta de D. Ramón Villanueva.

Venciendo las olas. Arquitectura y técnica en la construcción del segundo faro de cabo Vilán (1884–1896)

Jesús Ángel Sánchez García

Entre los faros construidos en Galicia para señalizar la conocida como «Costa de la Muerte», el faro actualmente en servicio en cabo Vilán (Camariñas, A Coruña) reúne una serie de innovaciones técnicas y singularidades arquitectónicas que lo convierten en uno de los hitos más destacados de todo el programa decimonónico de alumbrado marítimo. De hecho, tras ser encendido la noche del 15 de enero de 1896 se convirtió en el primer faro eléctrico de España, situándose gracias a su alcance máximo de 26 millas entre los más potentes de Europa. No obstante, es necesario puntualizar que todos estos méritos recaen sobre el segundo faro construido en aquel cabo, puesto que para superar los retos que planteó el agreste picacho granítico del Vilán fue necesario acometer la edificación de dos faros sucesivos, el primero finalizado en 1854 y el segundo en el citado año 1896, en lo que constituyó una empeño de dimensiones a veces titánicas, plagado de reiteradas tentativas y fracasos, pero que finalmente condujeron a la imponente torre que desde entonces domina aquel espectacular paraje costero.

A tenor de las noticias conservadas resulta verosímil que el cabo Vilán hubiera servido desde la antigüedad como marca natural de referencia para los navegantes que bordearon la recortada costa gallega (fig. 1). Así se corrobora en los derroteros y cartas náuticas que durante siglos recogieron estas tradiciones, vitales para la navegación costera, en las que se señala el llamativo aspecto de su rojizo pico granítico, que con su elevación a 70 m sobre el mar aparecía desde lejos como una torre, o incluso el ominoso rostro que, viniendo desde el sur, dibujan las fracturadas rocas del islote Vilán de Afora (Bougard 1691, 218; The Atlantic Navigator 1854, 73). Situado en un tramo costero de gran peligrosidad para la navegación debido a la presencia de numerosos bajos y los dominantes vientos del oeste que empujan los barcos hacia tierra, el Vilán presentaba además una adelantada y saliente posición entre los cabos Tosto y Touriñán, por lo que ya en el siglo XVIII fue escogido como emplazamiento para uno de los puestos de vigías organizados por la Marina, integrado en la red

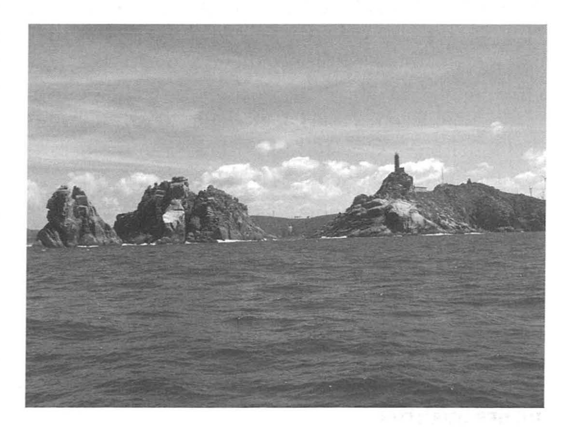


Figura 1
El cabo Vilán desde el mar, con los dos faros construidos sucesivamente

que por el atlántico cubría desde Finisterre hasta A Coruña y Ferrol, principales sedes de las autoridades militares del Reino.

Por todo ello, las circunstancias que aconsejaban la instalación en Vilán de un faro de primera categoría eran bien conocidas por los redactores del Plan General de Alumbrado Marítimo aprobado en 1847 (Memoria descriptiva 1847, 40). Sin embargo, la imposición de limitar a dos el número de luces de primer orden en todo el litoral gallego —asignadas finalmente a los cabos Finisterre y Estaca de Bares—, con la consiguiente minoración en el alcance de las colindantes, determinó que al cabo Vilán se le otorgara un faro de cuarto orden, con la única función de señalizar la entrada a la ría de Camariñas, rebajando la importancia de su luz a favor de la que se instalaría en las islas Sisargas. Al error cometido con esta asignación, equiparando la potencia luminosa del primer faro a un fanal de puerto, se unió en poco tiempo la todavía más inconcebible decisión de situar su edificio en una posición tan retrasada que no evitaba la interposición del promontorio del cabo, quedando su luz oculta desde el mar en un amplio sector, hecho entonces obviado ante la optimista previsión de que sería fácil dinamitar aquel obstáculo. La realidad fue que, tras varias campañas de demoliciones, nunca se consiguió eliminar por completo, siendo el faro de Vilán objeto de numerosas críticas, incluso por gobiernos extranjeros, en el marco del creciente desarrollo de las rutas de comercio marítimo. En consecuencia, trascurridas tres décadas de proyectos y tentativas para solucionar el problema del primer faro, en 1884 se redactó el proyecto para construir uno nuevo, ahora de primer orden y emplazado más próximo al extremo del cabo, elevando su torre sobre la meseta ganada con las demoliciones realizadas sobre aquel pico. Con ello se abrió la oportunidad de plantear nuevas soluciones arquitectónicas y técnicas, reconociendo la importancia de este faro con una serie de innovaciones que, finalmente, permitieron compensar los errores iniciales (Sánchez Terry 1987, 198–201; Sánchez García 2004, 357–376).

El primer faro (1854). Crónica de una cadena de desaciertos

El proyecto para el faro de cabo Vilán fue encargado en 1851 por la Dirección General de Obras Públicas al ingeniero vasco Alejandro de Olavarría, titulado en la promoción de 1840, que había ejercido temporalmente como profesor en la Escuela de Caminos, sustituyendo a su director Juan Subercase, para más tarde ser nombrado ingeniero Jefe de la provincia coruñesa (Sáenz Ridruejo 1990, 91 y 374). Director desde su apertura oficial de la primera escuela nacional de torreros, instalada en la Torre de Hércules, entre sus otras obras en Galicia cabe destacar el faro de las islas Cíes (1851–1853), y un proyecto de lazareto regalado al ayuntamiento de A Coruña en el año 1854, pocos meses antes de su fallecimiento, víctima de una epidemia de cólera (Sánchez García 2007).

Tras examinar el complicado relieve del cabo Vilán, con una longitud de 1 km pero compuesto por varios promontorios rocosos, el más elevado y cercano a la punta conocido entonces como «Villano de Tierra», por oposición al islote situado a unos 30 m en el mar, llamado «Villano de Afuera», el ingeniero decidió desechar la ubicación del faro en ambos puntos por la extremada aspereza que planteaba la pendiente del primero y la inaccesibilidad del segundo.[1] Aplicando los criterios de economía en la construcción y posterior servicio de abastecimiento, insoslayables en aquellos primeros tiempos de desarrollo del Plan General de Alumbrado Marítimo, Olavarría optó por desplazar el faro hasta una meseta más retrasada y alejada de la punta, dónde encontraría mayores facilidades para el acceso y desarrollo de las obras (Sánchez García 2004, 357–359). De este modo, fueron las consideraciones de ahorro las que favorecieron una ubicación inviable de acuerdo con la técnica de señales luminosas, dado que era evidente que, pese a elevarse a 74 m sobre el mar, el pico del Vilán de Terra interceptaría la luz del faro por el norte, creando una ocultación que el ingeniero estimaba erróneamente sólo en unos 15° —siendo en realidad 34°—, y que esperaba solventar minando la parte superior de aquella roca (fig. 2).

Por lo demás, siguiendo otra de las pautas impuestas a los ingenieros que intervinieron en el desarrollo del citado Plan, el diseño del faro aprovechaba la elevación natural del terreno para reducir la altura de la torre, aquí hasta 6,40 m, suficiente para dominar el edificio anexo pero sin incrementar innecesariamente los costes. Con un formato de torre de base octogonal adosada al edificio de torreros, Olavarría optó por una de las tipologías más frecuentes en los faros del Cantábrico —como en los de Machichaco y Tapia—,

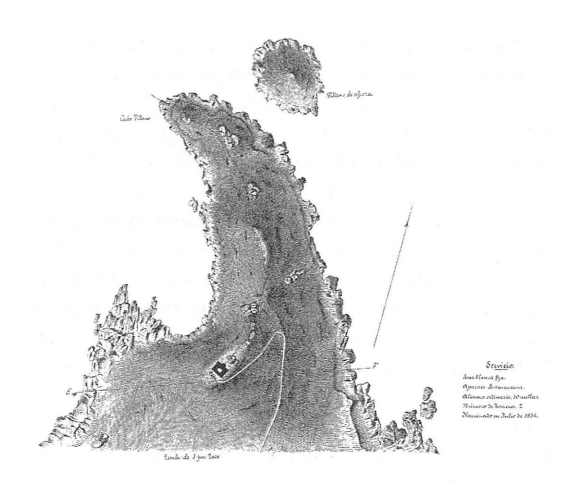


Figura 2
Emplazamiento del primer faro de cabo Vilán (1854)

pudiendo considerarse su proyecto para Vilán como una versión reducida y ligeramente modificada del pionero faro de Estaca de Bares (1850), el primero en ser encendido de todos los contemplados en el Plan de 1847, que había proyectado el ingeniero Félix Uhagón (Sánchez Terry 1987, 42–43).

Las obras de construcción de este faro se desarrollaron con relativa rapidez desde agosto de 1852 a octubre de 1853, si bien sufrieron contratiempos por la mala calidad de la piedra de las inmediaciones, debiendo extraerse de un punto más lejano, así como por las penosas condiciones de trabajo que tuvieron que soportar los operarios, en un lugar inhóspito y despoblado, con altísimos desniveles para el acarreo de los materiales, todo lo cual exigió jornales más elevados de lo habitual. Paralelamente se inició la voladura del pico granítico del Vilán de Terra, con proyecto formado también por Olavarría. Esta demolición con cargas de dinamita se prolongó hasta el año 1855, cuando se habían invertido 77.885 rls, aproximándose al coste total de la construcción del faro, que había ascendido finalmente a 87.416 rls. Sin embargo, la dureza de la roca impidió que se consiguiera rebajar hasta la cota prevista, de modo que el haz luminoso quedó oculto en un sector de 21º, precisamente en dirección al norte y los bajos más peligrosos, como el de O Boi. Encendido la noche del 10 de julio de 1854, cuando el inspector general de Obras Públicas Lucio del Valle visitó el cabo un año más tarde pudo constatar la gravedad de este problema, disponiendo con buen criterio que debía formarse un proyecto para levantar una nueva torre en la plataforma lograda mediante el parcial desmonte. Aunque esta idea se concretó en el proyecto de torre diseñada en marzo de 1856 por el ingeniero de la provincia José María Bellón, tanto su altura, considerada entonces excesiva para la categoría de aquella luz, como los altos costes, acabaron por inclinar a la Junta de Caminos, Canales y Puertos a renunciar a esta solución, continuando hasta 1859 con una nueva campaña de demoliciones para intentar rebajar el promontorio granítico (Sánchez García 2004, 360–363).

Desechada la alternativa propuesta en 1858 por el nuevo inspector Toribio de Areitio, consistente en construir un segundo faro en la ladera del Vilán, en 1860 el ingeniero Jefe de la provincia, Celedonio de Uribe, planteó la medida acometida en primera instancia, consistente en reformar y elevar en 3 m la torre del primer faro para así lograr que su haz de luz salvara el obstáculo rocoso[2] (fig. 3). Sin embargo, en otro ejemplo de los desaciertos y demoras acumuladas, antes de emprenderse esta obra, también en la década de los años sesenta volvió a retomarse la opción de construir un segundo faro sobre la meseta ganada con las demoliciones, ahora unida al proyecto de una estación semafórica que al final nunca llegó a materializarse. En este punto, fue decisiva la queja dirigida por el Gobierno inglés al ministro de Estado

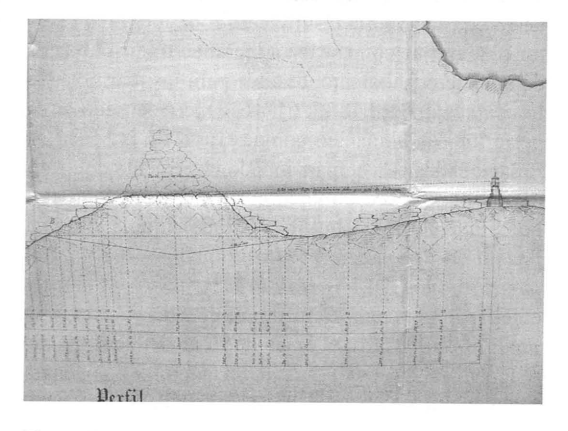


Figura 3
Perfil del cabo Vilán con el problema de visibilidad del primer faro (Celedonio de Uribe, 1860)

que sin llegar a superar la presión que el propio material de construcción podía aceptar. De ahí que Adolfo Pequeño se aplicara a calcular estos parámetros, representando los elementos geométricos y esfuerzos en varios diagramas incluidos como anexos a la memoria. En cuanto a la resistencia del material granítico, tomando como límite la cantidad de 25 kg por cm^2, resultaba clave obtener el esfuerzo por compresión en la base de la torre. Para ello procedió a calcular la presión máxima a que estaría sometida esa base, con resultado de una presión media de 10 kg por cm^2, así como el punto donde la resultante de los esfuerzos actuantes cortaría a la base de rotura, asegurándose que quedara situado dentro del núcleo central, para evitar cualquier posibilidad de aparición de grietas.

Otros cálculos se orientaron a aplicar la fórmula sobre el coeficiente de estabilidad absoluta debida a otro prestigioso ingeniero francés, en este caso Léonor Fresnel, secretario de la *Commission des Phares* entre 1827 y 1847, y hermano del también ingeniero Augustin Fresnel, inventor de los aparatos ópticos lenticulares que habían revolucionado la técnica de señales marítimas. La aportación de Léonor Fresnel había sido publicada en 1831 en los *Annales des Ponts et Chaussées* (Fresnel 1831), en un trabajo centrado en analizar y defender la estabilidad del faro de Belle-Ile, proyectado por su hermano pero todavía en construcción, artículo posteriormente comentado por Eduardo Saavedra en una nota publicada en 1859 en la *Revista de Obras Públicas* (Saavedra, 1859). Fresnel partía de calcular la máxima presión ejercida por el viento sobre una superficie plana normal a su dirección en 275 kg por $metro^2$, con lo cual era preciso multiplicar la superficie de una de las caras prismáticas del faro por 275 kg, y ese producto multiplicarlo luego por la mitad de la altura del prisma, obteniendo el momento de esfuerzo del viento, para a continuación obtener el momento de resistencia multiplicando el peso total de la torre por la mitad de la anchura de su base; dividiendo este segundo momento por el primero se obtenía finalmente la cifra de estabilidad absoluta del edificio en relación a la acción del viento, que en el caso de Vilán arrojó un resultado de 6,70. Esta cifra se acercaba o mejoraba las de otros faros analizados también en el artículo de Fresnel, puesto que en Lorient era de 7,4, en Génova 6,2, y en Belle-Ile 5,8.

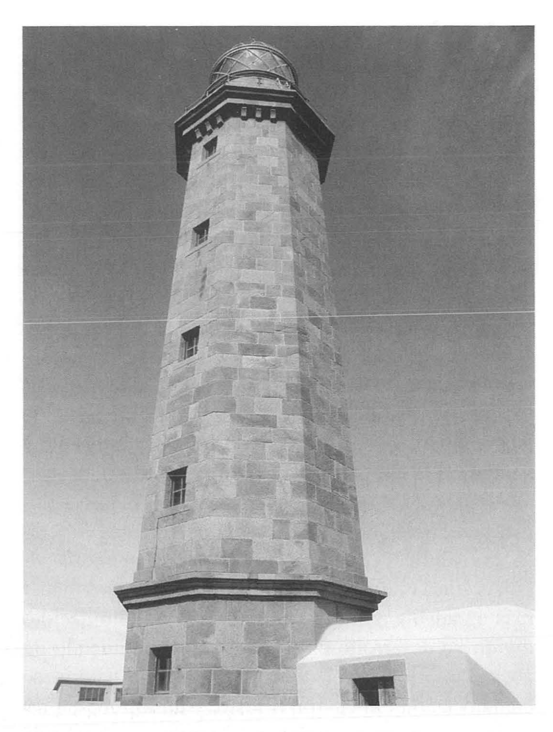


Figura 7
Aparejo de sillería en el exterior de la torre del faro de Vilán

Sin embargo, al margen de estos cálculos el ingeniero Adolfo Pequeño descartó recurrir a técnica constructiva alguna para reforzar la estabilidad de la torre, conformándose con el aparejo de sillería regular habitual en todos los faros decimonónicos (fig. 7). Resuelto con unos sillares alargados, con unas dimensiones medias de 1,20 a 90 de ancho por 0,50 m de alto, parece evidente que la calidad de la dura piedra granítica local, con su característico color rosado dominando sobre el encintado, aportaba suficiente garantía de resistencia (fig. 8). Además, tampoco se debe olvidar la tradicional pericia de los canteros gallegos a la hora de labrar y encajar estos bloques, puesto que la calidad de su trabajo mereció unánimes reconocimientos, como ocurrió con aquellos que participaron en la construcción del faro de Chipiona, realizando con gran exactitud las piezas más complicadas, sin necesidad siquiera de hacer correcciones (Sánchez Terry 1987, 270).

Al no estar expuesto a la acción directa de las olas, como ocurría en los faros de mar, en Vilán fue posible renunciar a las soluciones empíricas desarrolladas desde mediados del siglo XVIII por los ingenieros ingleses, con bloques trabados horizontalmente entre sí gracias a uniones en cola de milano, a las que se añadía el engatillado vertical de las diferentes hiladas, formando anillos que aseguraban esta imbricación en toda la altura de la torre (Hague y Christie 1975, 117–130; Raes 1993, 98). Que los ingenieros españoles conocían estas técnicas lo prueba la mención a las obras de Smeaton y Stevenson manejadas en su momento por los redactores del Plan General de Alumbrado Marítimo (Smeaton 1791; Stevenson 1824), que además habían enviado comisionados para recoger información sobre los adelantos en la construcción de los principales faros ingleses y franceses. Como principal referencia para los faros españoles, en Francia, durante el desarrollo del programa de señalización aprobado en 1825, el citado faro de Belle-Ile (1829–1836) se ejecutó en cambio con el más económico aparejo de sillería granítica regular, opción luego imitada en todos aquellos que siguieron su plano-tipo: Pilier (1829), Île d'Yeu (1830), Penmarc'h (1835), Gatteville-Barfleur (1835), Batz (1836), Chassiron (1836), o La Hague (1837).

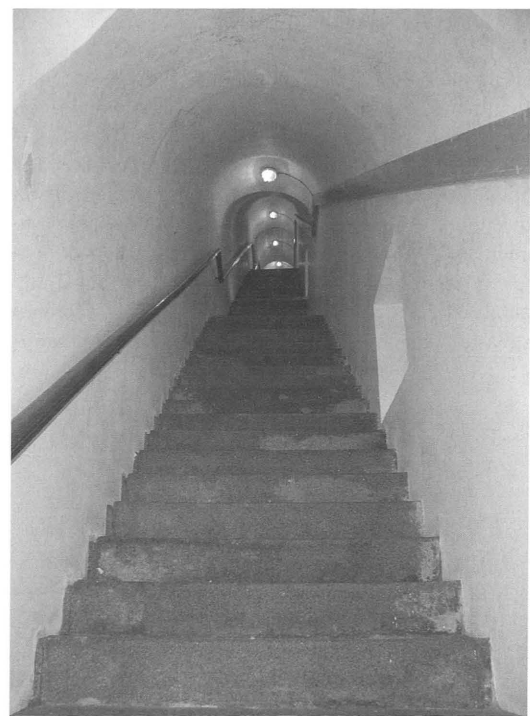


Figura 9
Interior de la galería de comunicación con el edificio de torreros

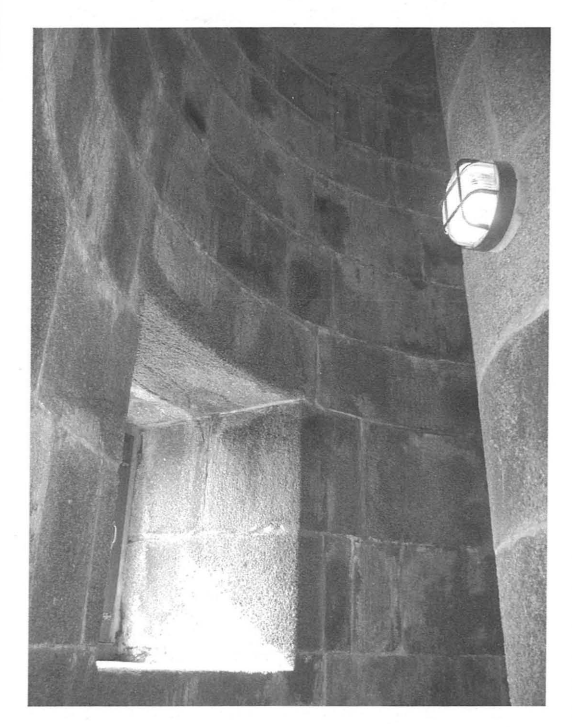


Figura 8
Interior de la torre con el arranque de la escalera

En cambio, para la galería de comunicación con la torre sí se acudió a una técnica moderna de cubrición mediante una bóveda de hormigón con espesor oscilante entre los 0,69 m de los arranques laterales y los 0,30 de la clave (fig. 9). El empleo del hormigón se justificó por la facilidad de construcción y mayor solidez en relación a la sillería, asegurando el permanente acceso de los torreros por un paso que, con sus 34,73 m de longitud, debía salvar el fuerte desnivel hasta la base de la torre. Por último, para el edificio de las máquinas de vapor se proyectó una armadura metálica del sistema Polonceau, escrupulosamente calculada por el ingeniero en todos los esfuerzos que debía soportar por la acción del viento.

Del proyecto a la inauguración

Hasta junio de 1885 la Comisión de Faros no decidió finalmente que el nuevo faro de Vilán contara con alumbrado eléctrico, en medio de una reñida votación en la que fue preciso superar las reticencias que planteaba este sistema, y que a la postre determinaría que fuera el primer faro de España en adoptar este adelanto (Soler Gayá 2006, 119). Aprobado el proyecto para el nuevo faro por Real Orden del 22 de octubre de 1885, hasta abril de 1886 no se sacaron a subasta unas obras de construcción que fueron adjudicadas al contratista Vicente Bermúdez con presupuesto de 140.033 ptas.

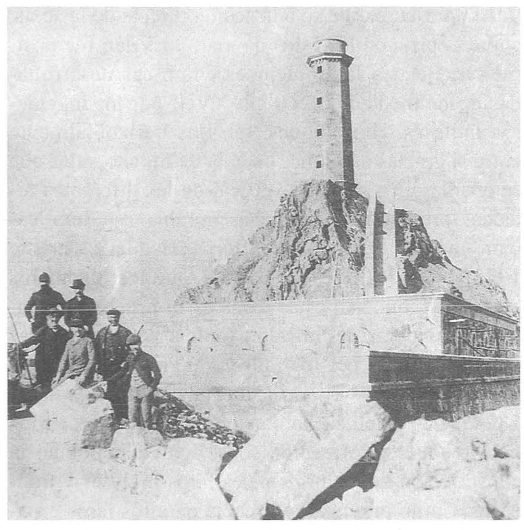


Figura 11
Fotografía del estado de las obras en torno a 1891

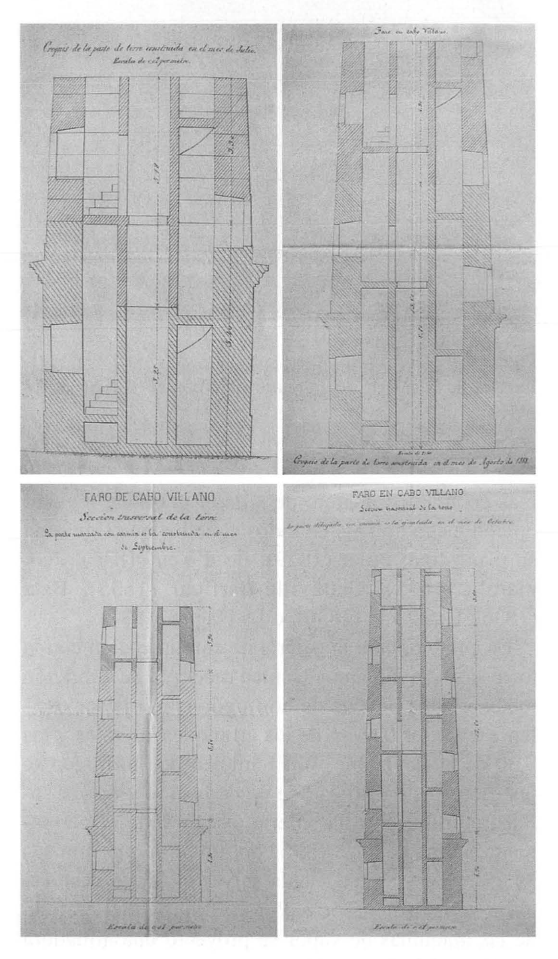


Figura 10
Fases de avance en las obras de construcción de la torre del faro

Auxiliadas por una grúa de vapor para elevar los materiales a la plataforma superior del Vilán, estas obras dieron comienzo en septiembre de 1887 por el zócalo de la torre, alcanzándose en marzo de 1889 a finalizar el torreón[4] (fig. 10). A continuación se abordaron los edificios de torreros y máquinas (fig. 11), que no se concluyeron oficialmente hasta el año 1892 (Anónimo 1892). Sólo un año antes se había aprobado el proyecto definitivo para la instalación eléctrica y aparato de iluminación,[5] realizado en este caso por el ingeniero Francisco Lizárraga Aranguren (Pamplona, 1839), titulado en la promoción de 1863 y especializado en los últimos adelantos en cuanto a ópticas e iluminación eléctrica, como lo demuestran sus estudios publicados en la *Revista de Obras Públicas* (Lizárraga 1886). La complejidad de esta instalación, acometida entre los años 1893 y 1894, y a la que ha dedicado un pormenorizado estudio M.A. Sánchez Terry (2003), unida al necesario período de pruebas y formación del personal encargado, retrasó el encendido del faro hasta la noche del 15 de enero de 1896 (fig. 12), cuando el nuevo cíclope comenzó a proyectar su luz, con una señal de destellos agrupados de 2 en 2 cada 15 segundos.

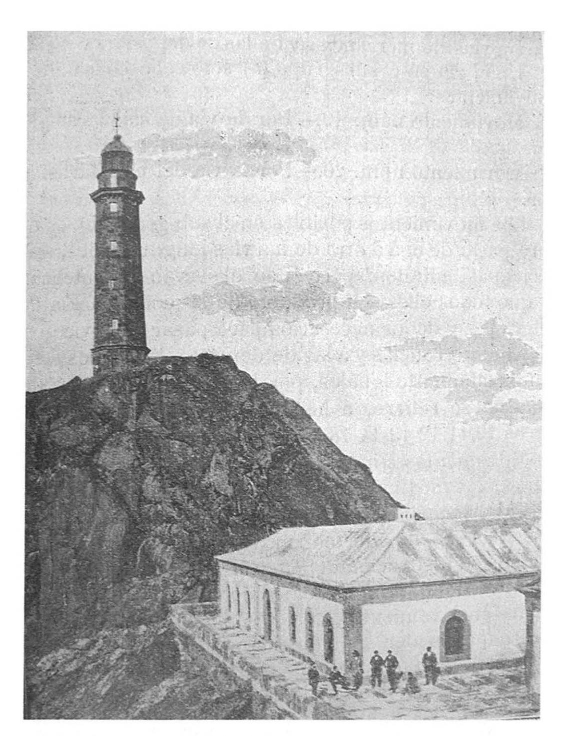


Figura 12
El nuevo faro de Vilán concluido (R.O.P. 1897)

NOTAS

1. Archivo Histórico Nacional. Fondos Contemporáneos. Obras Públicas. Dirección General de Puertos y Señales Marítimas. Leg. 15.222 (2). «Memoria relativa al establecimiento de un faro catadióptrico de cuarto orden, gran modelo de luz blanca fija, con destellos de 2 en 2 minutos en el cabo Villano de Camariñas y proyecto de una torre y edificio correspondientes». Alejandro de Olavarría, 30 de junio de 1851.
2. A.H.N. Leg. 15.222 (2). Exp. «Faro de Cabo Villano de Camariñas. Proyecto de reforma de la torre del faro del cabo Villano de Camariñas». Ingeniero Celedonio de Uribe, 10 de mayo de 1860.
3. Autoridad Portuaria de A Coruña. «Proyecto de un faro de primer orden para el cabo Villano alumbrado con luz eléctrica», Ingeniero Adolfo Pequeño, año de 1884. Memoria fechada a 10 de diciembre de 1884.
4. Algunos errores en las mediciones y problemas con la calidad de la piedra del cabo obligaron a desplazar su extracción a la cantera de Pena Maior, encargando un proyecto reformado al ingeniero Antonio Cruzado: Archivo General de la Administración. Obras Públicas. Faros. C-28.749. Exp. «Faro de 1er orden para el Cabo Villano alumbrado con luz eléctrica. Proyecto reformado y adicional». Ingeniero D. Antonio Cruzado, 31 de marzo de 1888.
5. A.G.A. Obras Públicas. Faros. C-28.749. Exp. «Proyecto Reformado de aparato, máquinas y accesorios para producción de luz eléctrica en Faro del Cabo Villano (Coruña)». Ingeniero Francisco Lizárraga, año de 1891.

LISTA DE REFERENCIAS

Anónimo. 1892. «Nuevo Faro del Cabo Villano». *Revista de Obras Públicas*, t. XI, nº 4, 26.

Anónimo. 1894. «Noticias. Faro de Cabo Villano». *Revista de Obras Públicas*, t. I, nº 3, 20–21.

Anónimo. 1896. «La luz eléctrica en los faros». *Revista de Obras Públicas*, t. I, nº 25, 342–344.

Anónimo. 1897. «Faros de Cabo Villano y la Torre de Hércules (Coruña)». *Revista de Obras Públicas*, t. II, nº 1145, 1.

Allard, E. 1876. *Mémoire sur l'intensité et la portée des phares comprenant la description de quelques appareils nouveaux ainsi que des études sur la transparence des flammes, la vision des feux scintillants et la transparence nocturne de l'atmosphère.* Paris: Imprimerie Nationale.

Allard, E. 1881. *Mémoire sur les phares électriques comprenant le programme de l'éclairage électrique des côtes de France, complété par des signaux sonores à vapeur.* Paris: Imprimerie Nationale.

Allard, E. 1883. *Phares et balises. Les Travaux Publics de la France* (L. Reynaud dir.). Tome cinquième. Paris: J. Rothschild editeur (facs. Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 1995).

Alvarado Blanco, S., Durán Fuentes, M., Nárdiz, C. 1989. *Puentes históricos de Galicia.* Santiago de Compostela: Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos-Xunta de Galicia.

Baña Heim, J. 1980. *Viaje a la Costa de la Muerte con la historia y anecdotario de sus naufragios*, 5ª edición. La Coruña

Bougard, R. 1691. *Le Petit Flambeau de la Mer.* Havre: Chez Jacques Hubault Marchand Librairie.

Fichou, J.-C. Dir. 1999. *Phares. Histoire du balisage et de l'Éclairage des côtes de France.* ArMen: Le Chasse-Marée.

Ford, R. 1855. *A handbook for travellers in Spain.* Third Edition. London: John Murray ed.

Fresnel, L. 1831. «Mémoire sur la stabilité du phare en construction à Belle-Ile (Ocean)». *Annales des Ponts et Chaussées*, , t. II, nº XXXI, 2e semestre, 385–420.

García y García, J. 1900a. «Faro de Cabo Villano». *Revista de Obras Públicas*, t. I, nº 1298, 260–261.

García y García, J. 1900b. «Faro de Cabo Villano (conclusión)». *Revista de Obras Públicas*, t. I, nº 1301, 292–295.

Hague, D. B., and R. Christie. 1975. *Lighthouses. Their Architecture, History and Archaeology*. Llandysul: Gomer Press.

Lizárraga, F. 1886. «Faros». *Revista de Obras Públicas*, t. IV, nº 20, 324–332.

Memoria descriptiva. 1847. *Memoria descriptiva de un nuevo Plan General para el Alumbrado Marítimo de las costas y puertos de España e islas adyacentes*. Madrid: Imprenta Nacional.

Michon, P.-F. 1854. *Instruction sur la stabilité des constructions: programme du cours de constructions*. Paris: École Impériale d'Application de l'Artillerie et du Génie.

Michon, P.-F. 1860. *Instrucción sobre la estabilidad de las construcciones, escrita en francés por Mr. Michon, traducida al castellano y aumentada con notas por D. Eduardo Saavedra*. Madrid: Imprenta Nacional.

Michon, P.-F. 1869. *Stabilité des murs de revêtement à contre-forts multipliés*. Extrait de la ?Revue générale de l'architecture et des travaux publics?. Paris: Impr. de J. Claye.

Raes, D. 1993. *L'architecture des phares*. Saint-Malo: L'Ancre de Marine.

Reynaud, L. 1864. *Mémoire sur l'éclairage et le balisage des côtes de France*. Paris: Imprimerie Impériale.

Saavedra, E. 1859. «Nota sobre el coeficiente de estabilidad». *Revista de Obras Públicas*, nº 23, 277–281.

Sáenz Ridruejo, F. 1990. *Ingenieros de caminos del siglo XIX*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos, Editorial AC.

Sáenz Ridruejo, F. 1993. *Los ingenieros de caminos*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Sánchez García, J.A. 2004. *Faros de Galicia. Historia y construcción de las señales luminosas en un finisterre atlántico*. A Coruña: Fundación Caixa Galicia.

Sánchez García, J. A. 2007. «Un fortín para la salud. El lugar de Oza y sus arquitecturas». en *El Sanatorio de Oza* (VV.AA.). A Coruña: Sociedade Galega de Reumatoloxía-Universidade de A Coruña.

Sánchez Terry, M.A. 1987. *Faros españoles del Océano*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

Sánchez Terry, M.A. 2003. *Haciendo historia. Faro de Villano a 15 de Enero de 1896: una revolución tecnológica*. Inédito.

Smeaton, J. 1791. *A Narrative of the Building, and a description of the construction of the Edystone Lighthouse*. London: G. Nicol.

Soler Gayá, R. 2006. *Siglo y medio de la Comisión de Faros*. Madrid: Puertos del Estado.

Stevenson, R. 1824. *An account of the Bell Rock Light-house . . . to which is prefixed a historical view of the institution and progress of the northern light-houses . . .* Edinburgh: A. Constable.

The Atlantic Navigator. 1854. *The Atlantic Navigator*. London: J. Imray and Son.

El caracol de Mallorca en los tratados de cantería españoles de la edad moderna

Alberto Sanjurjo

En la torre noroeste de la Lonja de Palma de Mallorca se encuentra la escalera de caracol que podría haber dado nombre a uno de los modelos estereotómicos de mayor relevancia en la historia de la construcción pétrea en España: el Caracol de Mallorca. (fig. 1).

Se trata de una escalera levógira de pequeñas dimensiones, alrededor de 254 cms de diámetro, con un paso de 96 cms y 83 peldaños de 19,5 cms de tabica. Fue construida en la Lonja de Palma de Mallorca por Guillem Sagrera entre 1435 y 1446 (Sabater 2003, 68). Su fama le viene por ser, probablemente, el primer ejemplo hispánico de escalera de caracol tallada en piedra de cantería, con hueco central. [1]

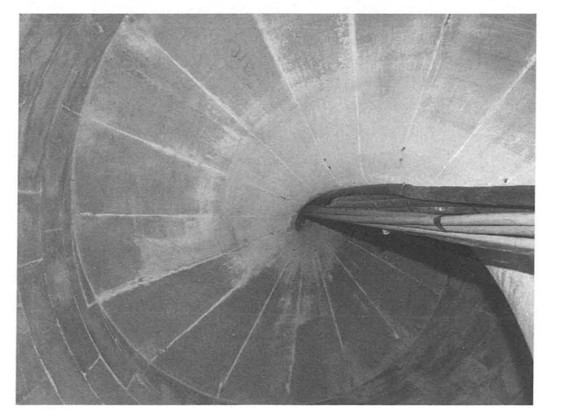


Figura 1
Escalera de caracol de la torre noroeste de la Lonja de Palma de Mallorca

Este modelo es recogido en la mayoría de los textos dedicados al corte de piedras en España desde el siglo XVI. Pertenece a un reducido grupo de aparejos que aluden a su lugar de procedencia en su propia denominación (Rabasa 2003, 223). Zaragozá (2003, 153) identifica la escalera de la Lonja con el modelo denominado «Caracol de Mallorca» a pesar de que no se documenta en ningún texto de la época.

Mi comunicación analiza desde criterios formales, geométricos y constructivos estas escaleras de caracol de planta circular y hueco central.

El origen

Viollet le Duc data en el siglo XIV, sin aportar localización alguna, el origen de este tipo de escaleras:

> Algunas veces, desde el siglo XIV, cuando no había más que un pequeño espacio para desarrollar las escaleras de caracol interiores, se suprimía enteramente el machón central con el fin de dejar paso para aquellos que subían o descendían. Los peldaños estaban entonces simplemente superpuestos en espiral, y portaban cada uno una moldura en su extremidad, cerca del centro, para ofrecer un pasamanos; en el lugar del machón aparecía un vacío (Viollet 1854, vol V, 313–315) (fig. 2).

Perouse de Montclos (1985, 85), sin embargo, contradice las afirmaciones de Viollet al afirmar:

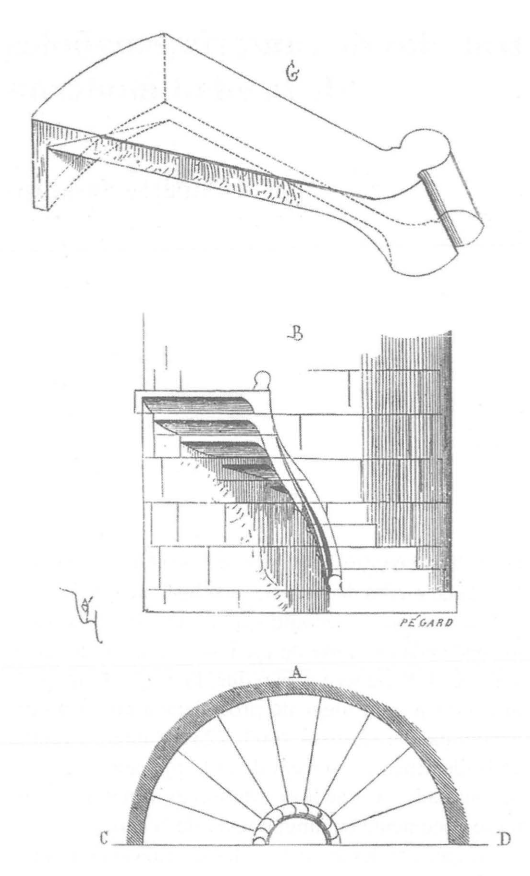


Figura 2
Planta, sección y perspectiva de un peldaño de una escalera de caracol con ojo (Viollet 1854, vol V, 315)

«Nos conformamos con decir que no conocemos ejemplo alguno de escalera suspendida anterior al siglo XV». Por tanto parece que la hipótesis de la aparición en el siglo XV del modelo construido es la más probable.

Los primeros ejemplos los encontramos vinculados a la arquitectura mediterránea. Guillem Sagrera, con posterioridad al de la Lonja de Palma, realizará un caracol con ojo e intradós acanalado en el Castelnuovo de Nápoles; Francesc Baldomar realizará un soberbio caracol de dos subidas rematado por un caracol de ojo en la capilla real del Convento de Santo Domingo en Valencia; Pere Compte, el caracol de intradós acanalado en la Lonja de Valencia y Pedro Fajardo, otro en la capilla de los Vélez de la Catedral de Murcia. Todos ellos antes de terminar el siglo XV.

Es en el siglo XVI cuando el «Caracol que dicen de Mallorca» comienza a extenderse por todo el territorio peninsular de la mano de los principales maestros. Como ejemplos podemos citar la escalera de la Sacristía de la Catedral de Plasencia (fig. 3) y la de la torre de la Catedral Magistral de Alcalá de Henares obras de Rodrigo Gil de Hontañón; el caracol del Colegio Mayor del Arzobispo Fonseca en Salamanca, con trazas de Diego de Siloé; los de las iglesias de Villacarrillo y Huelma de Andrés de Vandelvira, y el caracol de la iglesia de Villamartín de Hernán Ruiz el joven. En este mismo siglo, el modelo se exporta a América, en donde encontramos unos magníficos caracoles de Mallorca en las torres de la Cate-

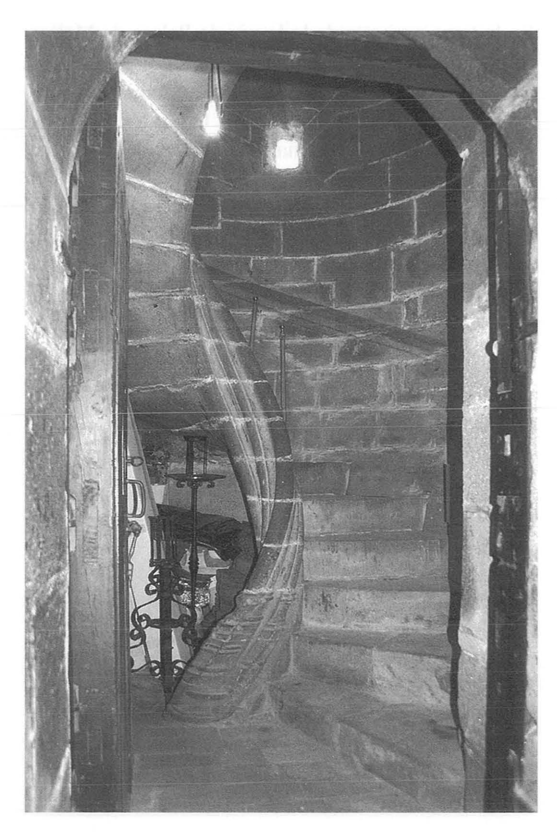


Figura 3
Caracol de Mallorca en la Sacristía de la Catedral de Plasencia (Cáceres). Atribuido a Rodrigo Gil de Hontañón

dral de Méjico, obra de Claudio Arciniega (Calvo 1999, vol III, 225).

LOS TRATADOS Y MANUSCRITOS

Los tratados manuscritos de cantería y las colecciones de aparejos que circulan en el XVI y XVII por Andalucía y Castilla recogen desde fecha temprana el modelo con su denominación.

Alonso de Vandelvira ([ETSAM R31] 1977) presenta en los folios 50v, 51r y 51v la «Declaración del Caracol de Mallorca». A diferencia de la otra escalera con denominación de origen, «la via de San Gil», en la que Vandelvira señala el origen del modelo: «Llámase vía de San Gil porque está puesto por obra en una villa que se llama San Gil en Francia, (. . .)»,

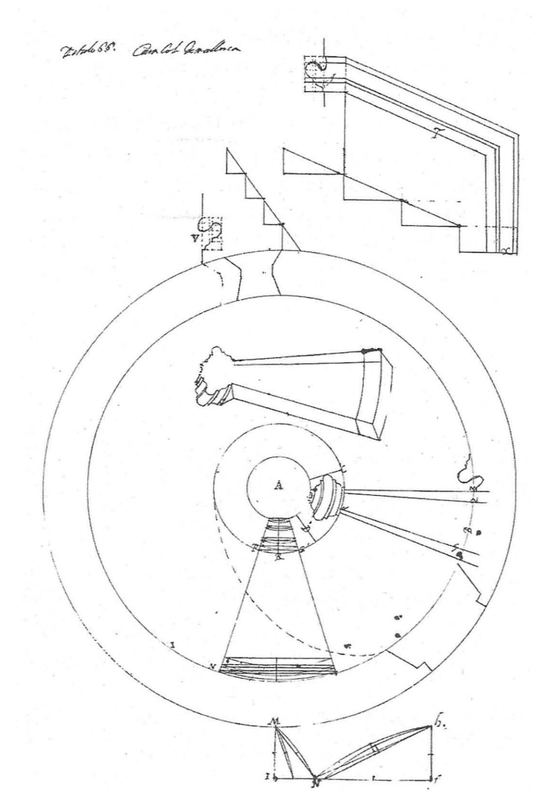


Figura 4
Declaración del Caracol de Mallorca en el Libro de Trazas de Cortes de Piedras de Alonso de Vandelvira. Fol. 50v

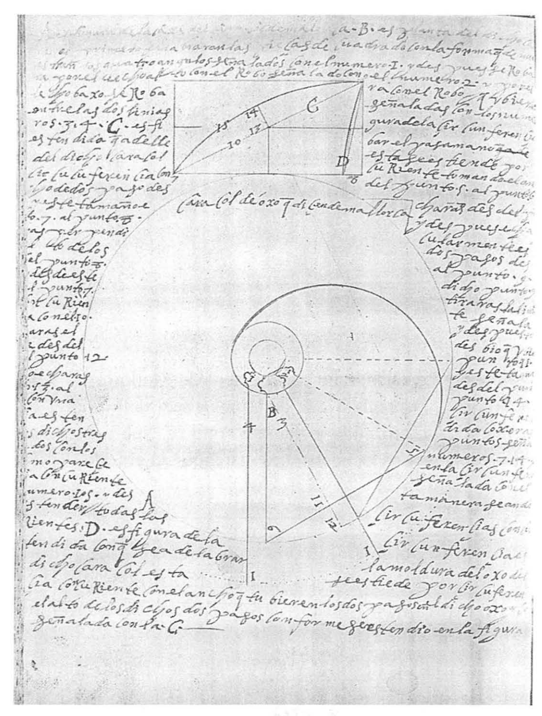


Figura 5
Caracol de ojo que dicen de Mallorca en el Manuscrito atribuido a Alonso de Guardia

en el caracol de Mallorca no hace mención alguna al origen de la denominación. Esto nos hace pensar que a finales del XVI ya estaba asentado el nombre de caracol de Mallorca para este tipo de escaleras con ojo (fig. 4).

Martínez de Aranda (Aranda [c1600] 1986) en su manuscrito realizado alrededor de 1600 titula la proposición «Caracol de oxo que dicen de Mallorca», el mismo nombre que utilizará Alonso de Guardia (BNE ER 4196) en su colección de apuntes y dibujos en los folios en blanco del libro de Battista Pittoni, *Imprese di diverse Principi duchi, signori e d'altri personaggi et huomini illustri*, con versos de Ludovico Dolce, impreso en Venecia en 1566 (fig. 5).

Otra colección de aparejos, la atribuida a Juan de Aguirre (BNE 12744), presenta algunos dibujos de escaleras en sus primeros folios. En el folio 2r encontramos las trazas de un caracol de Mallorca sin explicación escrita alguna. Aún así el dibujo define perfectamente el modelo, en dimensiones generales,

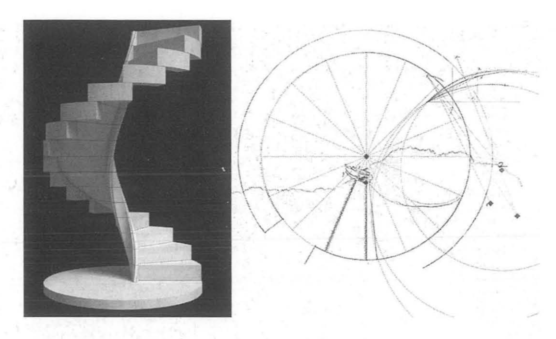


Figura 6
Izquierda. Reconstitución del caracol de Mallorca de Juan de Aguirre. Derecha. Traza para un caracol de Mallorca en el manuscrito atribuido a Juan de Aguirre. Sobre él se han dibujado a puntos las incisiones marcadas en el folio

número de peldaños, geometría de la moldura, altura de tabicas, etc. Esto nos ha permitido reconstituir el modelo propuesto en el manuscrito atribuido a Juan de Aguirre (fig. 6).

A mediados del siglo XVII, se escribe un manuscrito de importancia capital para el estudio del caracol de Mallorca, nos referimos a *L'art del picapedrer* obra de Joseph Gelabert (Gelabert [1653] 1977). En él, entre otros, se recogen dos aparejos denominados respectivamente, «caracol de ojo abierto» y «caracol de nabo redondo y ojo abierto». Éste último trata de representar el caracol que da nombre al arquetipo, el de la torre noroeste de la Lonja de Palma de Mallorca. Gelabert ([1653] 1977, 80) corrige incluso las dimensiones y número de peldaños en una segunda visita, que es recogida con posterioridad en el manuscrito. A pesar de su intento por definir con exactitud la escalera de la Lonja, presenta un error grave. La escalera de la Lonja es levógira y Gelabert dibuja una escalera dextrógira. Además ni las mediciones originales ni las corregidas concuerdan exactamente con las tomadas in situ recientemente para la realización de este trabajo.

Otro manuscrito de importancia en el estudio de la cantería en España en el Periodo Moderno es el atribuido a Juan de Portor y Castro (BNE Ms9114), fechado en 1708 y conocido como Cuaderno de Arquitectura. En él se recoge en el folio 24v el «Caracol de ojo en una planta esférica que llaman de Mallorca» (fig. 7). Y por último, en 1747 se imprime la *Verdadera Práctica de las resoluciones de la Geometría sobre las tres dimensiones para un perfecto architecto*, (. . .) del maestro Juan García Berruguilla (1747), que en el Tratado IV, que versa sobre Cortes Canteriles , presenta en la figura 16 de la lámina 13ª con explicaciones escritas en la pag. 109, la escalera de caracol de ojo, en la que se pierde ya la denominación habitual de los siglos XVI y XVII.

Se puede entender el caracol de Mallorca como una lógica evolución de los husillos góticos. La pieza seriada que caracterizó la construcción gótica dejaría el lugar a una pieza de peldaño, que también se repite, pero dejando el lugar reservado para el machón macizo a un espacio hueco. Como dice Perouse (1985, 85): «los soportes verticales son enviados al perímetro del hueco». En este sentido resulta esclarecedor analizar el aparejo titulado por Gelabert ([1653] 1977, 80), «Caracol de nabo redondo y ojo abierto». El título lo expresa todo, se trata de un caracol con ojo, que sigue manteniendo el machón de directriz circular. Como hemos indicado antes, este es el modelo que coincide con el arquetipo que le pudo haber dado el nombre (fig. 8).

Podemos encontrar un grupo de escaleras, ya renacentistas, en las que el machón central comienza a moverse de su situación vertical. Este es el caso del tercer tramo de la escalera de subida a la torre de la Iglesia de Santiago Apóstol en la localidad Madrileña de Villa del Prado, obra del aparejador del Mo-

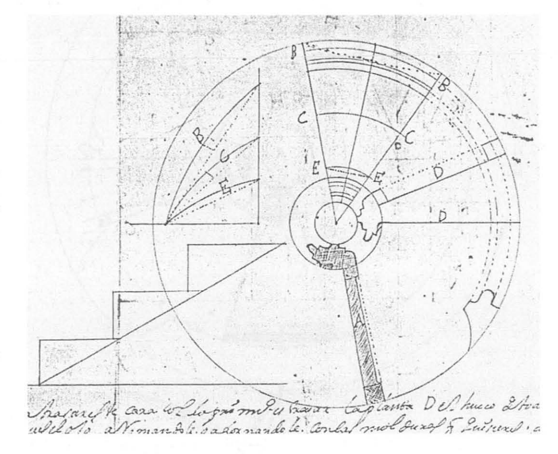


Figura 7
«Caracol de ojo en una planta esférica que llaman de Mallorca». *Cuaderno de Arquitectura* atribuido a Juan de Portor y Castro

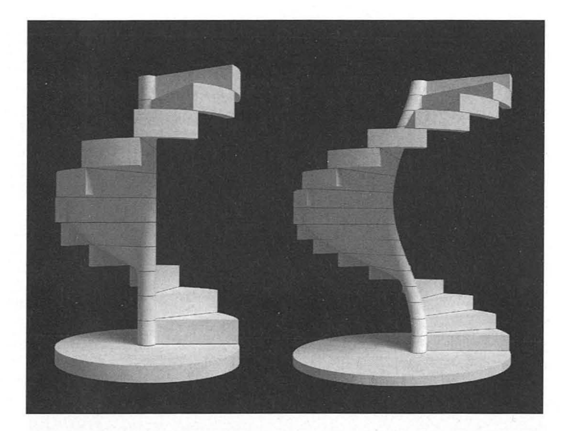


Figura 8
Izquierda. Caracol de nabo redondo según Joseph Gelabert. Derecha. Caracol de nabo redondo y ojo abierto según Joseph Gelabert

nasterio de El Escorial, Pedro de Tolosa (fig. 9). El artificio consiste en utilizar una pieza de peldaño sensiblemente mayor que la que le corresponde a la caja de la escalera. De esta manera, el machón central gira en horizontal al mismo tiempo que asciende, es decir, se produce un movimiento helicoidal. Estas escaleras están a medio camino entre el husillo tradicional y lo que podríamos denominar caracoles de nabo y ojo.

El machón helicoidal característico del arquetipo mallorquín se transformará poco a poco en una compleja moldura que dialogará en distintas situaciones con el intradós de la escalera. Portor (BNE, Ms9114, 24v) lo expresa con claridad: «Para trazar este caracol lo primero es trazar la planta D, el hueco de todo el caracol y después el ojo, arrimándole o adornándole con las molduras que quisieras, (. . .)»

¿Que objetivo se busca al transformar un machón cilíndrico vertical en uno helicoidal, que prácticamente desaparece transformándose en una moldura casi decorativa?

Perouse (1985, 85) lo expresa con claridad: «El hueco central permite tomar la luz por una abertura cenital o simplemente garantizar un reparto mejor de la luz que llega de las ventanas situadas en la caja».

Para Palacios ([1990] 2003, 157) el origen es puramente utilitario: al eliminar el núcleo central se posibilita una mejor circulación cuando se transportan bultos.



Figura 9
Tercer tramo de la escalera de la torre de la Iglesia de Santiago Apóstol en la localidad de Villa del Prado (Madrid). Nótese el desvío helicoidal del machón central.

Posiblemente las dos posturas estén en lo cierto, Palladio comparte esta doble función, utilitaria y de introducción de la luz.

> Salen muy bien las que son huecas en el medio porque pueden recibir la luz desde arriba y los que están en lo alto de la escalera ven a todos los que suben o empiezan a subir, y de la misma manera, son vistos por estos (Palladio [1570] 1988, 136).

La escalera se transforma en un espacio que se recorre y que se admira. Se supera la visión funcionalista que le adjudicaba el gótico a los husillos, una pieza más en un complejo sistema de circulaciones formado por galerías, pasadizos y escaleras que recorría los edificios religiosos y que tan acertadamente

describe Fitchen ([1961] 1981, 21–23). Ahora el caracol de Mallorca en España y la «vis a jour» francesa se convertirán en piezas arquitectónicas en las que la luz y el espacio son protagonistas.

SOBRE LAS PROPORCIONES

Rodrigo Gil de Hontañón[2] establece una relación entre las dimensiones de husillos y caracoles (caracol por tener el ojo abierto) y las diferentes partes del cuerpo humano: «porque baia todo medido con la Razon del cuerpo humano» (García [1681] 1991, fol. 10v). En un conocido dibujo se muestra la figura de un hombre con el brazo extendido. La cabeza es el ojo del caracol, la moldura una tercera parte de ésta y la distancia de la cabeza a la mano, que podemos observar en el dibujo, el ancho del paso. Recomienda, como la mayoría de autores, una tabica de una cuarta o quinta de vara (dimensión intermedia entre medio pie y tres cuartos de pie que se corresponde con una cuarta) (fig. 10).

Vandelvira ([ETSAM R31] 1977) propone dividir el diámetro de la caja en seis partes iguales. De estas, dos la ocuparían el ojo y la moldura, a razón de una cada una, y las otras cuatro partes serían para el paso. Recomienda un pie de ancho de huella de peldaño en el extremo junto a la caja y medio pie de dimensión de tabica (fig. 11).



Figura 10
Figura humana que expresa las medidas de los caracoles con la Razón del cuerpo humano (García [1681] 1991, fol. 10v).

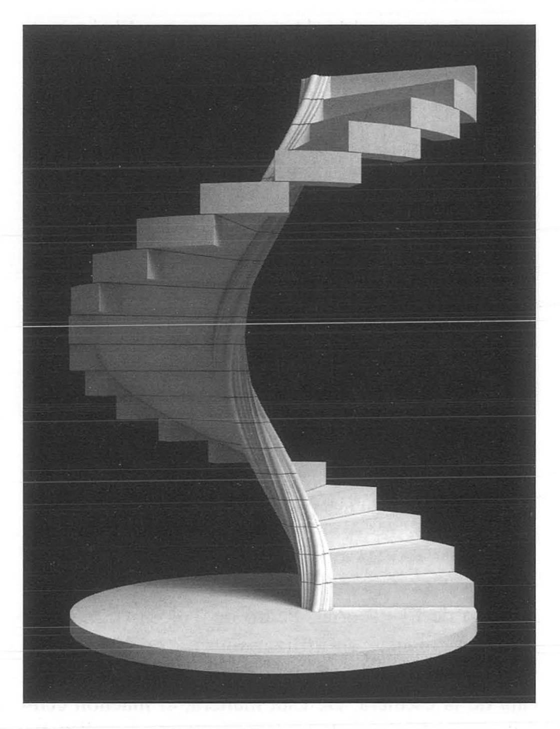


Figura 11
Caracol de Mallorca según Alonso de Vandelvira

Martínez de Aranda (Aranda [c1600] 1986, 288) solo hace alusión expresa a la altura de los peldaños, que fija en una cuarta, y a la altura total de la escalera, que al ser de doce peldaños por vuelta, doce cuartas que equivalen a nueve pies y, por lo tanto, a tres varas.

Gelabert ([1653] 1977, 78–80) en el «caracol de ojo abierto» propone un diámetro de caja de siete palmos. Divide el caracol en doce peldaños. En el «caracol de nabo redondo y ojo abierto» ([1653] 1977, 80) propone un diámetro de doce palmos y tres cuartos; el ojo mide un palmo y cuarto; el nabo, un palmo y el caracol está dividido en diecisiete peldaños.

SOBRE EL PROCESO DE LABRA

En relación al proceso de labra descrito en los tratados y manuscritos, todos los autores comienzan dibujando la caja y el hueco y dividiendo la circunferen-

cia en el número de peldaños propuesto. El siguiente paso consiste en dibujar la plantilla que nos permitirá labrar el prisma contenedor de un peldaño. Hay que resaltar que la misma plantilla nos permitirá el trazado del perímetro en el lecho inferior y superior. Si queremos que los peldaños queden resguardados por la moldura, esta tendrá que llegar en planta hasta el trazado del peldaño anterior, para poder así garantizar que, una tabica más arriba, la moldura tape el lateral del peldaño. Este extremo no queda del todo claro en los dibujos de Martínez de Aranda, posiblemente el tamaño del original del manuscrito influyó en el error de dibujo. Además, encontramos algunos ejemplos construidos que presentan este mismo problema como el caracol de Mallorca situado en el primer tramo de la torre de la Iglesia de Santiago Apóstol en Villa del Prado (fig. 12).

La planta, o plantilla en nuestro lenguaje actual, define la moldura que básicamente tendrá tres posibles disposiciones en relación con la superficie del intradós de la escalera. La primera correspondería a lo que Gelabert denomina «caracol de nabo redondo y ojo hueco». Se trata de un machón de directriz circular tangente a la superficie de intradós, como en la Lonja de Palma de Mallorca. Esta misma disposición se puede ejecutar con una moldura perimetral que termine tangente al intradós. Este es el caso de la escalera de caracol del Convento de San Benito en Alcántara. La segunda disposición se produce



Figura 12
Peldaños del primer tramo la escalera de la torre de la Iglesia de Santiago Apóstol en la localidad de Villa del Prado (Madrid). Nótese que la superficie lateral de los peldaños sobresale de la moldura central

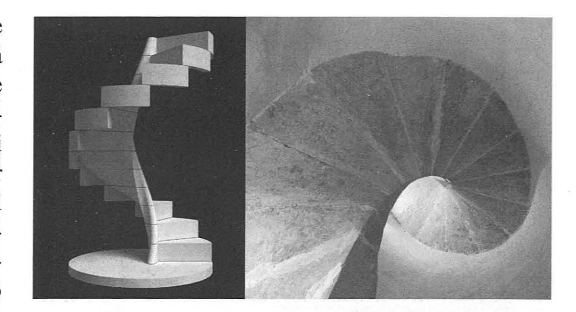


Figura 13
Izquierda. Caracol de ojo abierto según Gelabert. Derecha. Escalera de acceso a los Archivos de la Catedral de Palma de Mallorca. Corresponden, las dos, al mismo tipo de caracol

cuando la moldura y el intradós se unen en una arista, lógicamente una hélice. Esto se corresponde con el «caracol de ojo abierto» de Gelabert que podemos ver construido en la escalera de acceso a los Archivos en la Catedral de Palma de Mallorca (fig. 13). Y la tercera disposición se produce cuando el intradós acomete contra la moldura. Esta solución es la que se dibuja en la mayor parte de tratados y manuscritos. Encontramos ejemplos de esto en la escalera de la Iglesia de Huelma en Jaén y en la escalera de la torre de la Catedral Magistral de Alcalá de Henares (fig. 14).

La plantilla define, asimismo, la porción de superficie de peldaño que se apoya en el anterior. Por lo general es una cuña que tiene su parte más estrecha en la zona cercana al centro de la circunferencia. El asiento es similar al que se produce en los husillos cuando el intradós acomete secante al machón central. Sin embargo, cuando el intradós del husillo es tangente al machón, como es el caso de los manuscritos de Vandelvira o Martínez de Aranda, la superficie de contacto es inversa a la del Caracol de Mallorca (fig. 15). Juan de Portor y Alonso de Guardia proponen una superficie de contacto paralela a la arista intersección de huella y tabica.

Volviendo al proceso de labra, para conformar el prisma mixtilíneo que contiene un peldaño, se labrarán las piezas «de cuadrado», es decir, perpendiculares a la planta y con la altura de la tabica del peldaño. Posteriormente se robará una cuña de piedra a partir del plano horizontal inferior: el lecho bajo. El objetivo es labrar la superficie de intradós del caracol, que



Figura 14
Caracol de Mallorca en la torre de la Catedral Magistral de Alcalá de Henares. Atribuido a Rodrigo Gil de Hontañón

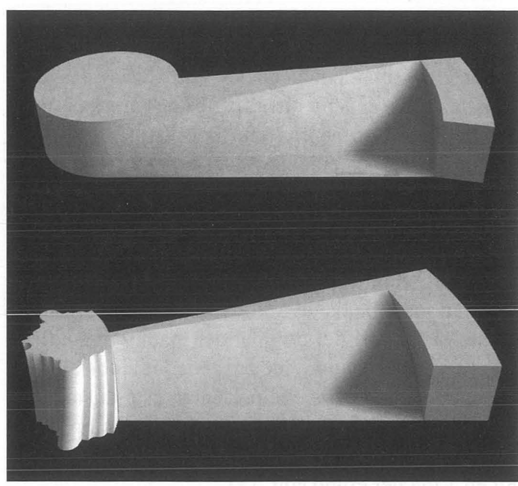


Figura 15
Arriba. Peldaño del husillo según Alonso de Vandelvira. Abajo. Peldaño del Caracol de Mallorca según Alonso de Vandelvira

es un helicoide reglado de plano director. Una superficie que se puede labrar apoyando una regla en dos hélices. Una hélice invariante, la que se apoya en el cilindro que conforma la caja de la escalera. La otra, depende de la moldura central. Si la moldura traspasa el intradós, como es el caso del caracol propuesto por Vandelvira o Martínez de Aranda, la hélice discurrirá por la superficie cilíndrica vertical de la moldura. Si la moldura se une con el intradós en una arista, esta es, precisamente, la hélice de la que hablamos, como es el caso de los caracoles de ojo de Gelabert y García Berruguilla. Y por último, si la moldura es tangente a la superficie de intradós, la línea de tangencia será la hélice buscada.

Ningún autor describe con claridad este proceso de labra del intradós. Vandelvira emplea el término «revirar» para indicarlo: «Para trazar el lecho bajo trazarás en él la línea 5 y revirarás el molde hasta que la línea 3 llegue a la línea 5» ([ETSAM R31] 1977, fol. 51r).

Portor (BNE Ms9114, fol. 24v) nos da una pista: «y meterás tres cerchas extendidas cada una por donde le tocare». Estas tres cerchas una en cada extremo del intradós y la tercera en el centro, tendrían la misión de guiar la labra al reproducir de forma aproximada la curvatura transversal del intradós. Probablemente la utilización de cerchas planas para sustituir una curva alabeada, la hélice, fue una práctica bastante habitual. Es frecuente encontrar escaleras en las que la superficie de intradós, en lugar de ser un helicoide continuo, es una superficie convexa, curvada y discontinua, fruto de la probable aplicación de una cercha plana. Esto se puede observar en los peldaños de la escalera del Sagrario de la Iglesia de San Miguel en Jerez de la Frontera [3] (fig. 16).

La discontinuidad en la superficie del intradós se produce, a veces, por la introducción de un pequeño filete vertical en la unión entre peldaños. La misión de esta banda está clara: proteger el borde más débil del peldaño, matándolo y permitiendo así que tenga

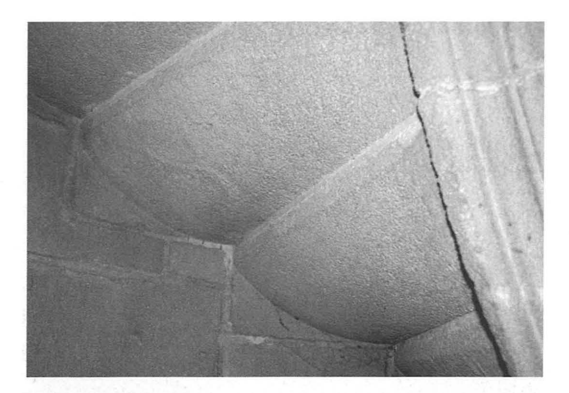


Figura 16
Peldaños de la escalera de caracol del Sagrario. Iglesia de San Miguel en Jerez de la Frontera. Nótese el filete vertical en la unión entre peldaños

un espesor mayor. Esta faja vertical también la podemos observar en la escalera citada de la Iglesia de San Miguel en Jerez.

La utilización de cerchas extendidas, es decir plantillas planas de madera y con el borde en forma concava o convexa, es generalizada para la labra de dos elementos: la moldura y el pasamanos. Vandelvira ([ETSAM R31] 1977, fol. 51r) dice: «Luego para haber de labrar la moldura se han de sacar aquellas cerchas extendidas, (. . .)». En palabras similares se explica Martínez de Aranda: «y si este dicho caracol hubiere de llevar pasamano lo formarás y le extenderás la moldura como se hizo en el caracol de husillo a 227 planas de este libro y si hubiere de llevar moldura en el ojo se labrará con la cercha extendida D que se extendió por circunferencia concurriente (. . .). (Aranda [c1600] 1986, 288)

Alonso de Guardia les llama circunferencias extendidas: «C es figura de la circunferencia extendida que ha de llevar el pasamanos del dicho caracol. (. . .) D es figura de la circunferencia extendida con que se ha de labrar la moldura del ojo de dicho caracol (. . .)» (BNE ER 4196)

La construcción geométrica que proponen los autores es siempre la misma. Tomando las medidas para dos pasos o peldaños, se coloca la longitud de la cuerda del arco en horizontal y, en ángulo recto, se traza una línea sobre la que se lleva la medida de dos tabicas. Uniendo los extremos de este triángulo se traza un arco que tenga de flecha «el desvío», en palabras de Alonso de Guardia, es decir, del arco en planta. José Calvo (1998, vol III, 227–228) ha estudiado en profundidad los aspectos geométricos de esta construcción llena de simplificaciones pero que permite labrar estas complejas superficies helicoidales.

La superficie de intradós a que se refieren los tratados y manuscritos es siempre un helicoide reglado de plano director, pero en la práctica se han realizado numerosas escaleras utilizando otras superficies distintas. En el ámbito mediterráneo aparecen, en el siglo XV y comienzos del XVI, un grupo de escaleras con el intradós acanalado. Encontramos ejemplos en el Castelnuovo de Nápoles, en la Lonja de Valencia, en la Capilla de los Vélez de la catedral de Murcia, etc. (fig. 17).[4] En el contexto de la arquitectura andaluza del siglo XVI encontramos un grupo de escaleras con ojo con el intradós formado por la revolución helicoidal de una circunferencia horizontal. Esto da lugar a unas curiosas bóvedas helicoidales. Encontramos ejemplos en la Iglesia de Santa María la Mayor la Coronada en Medina Sido-

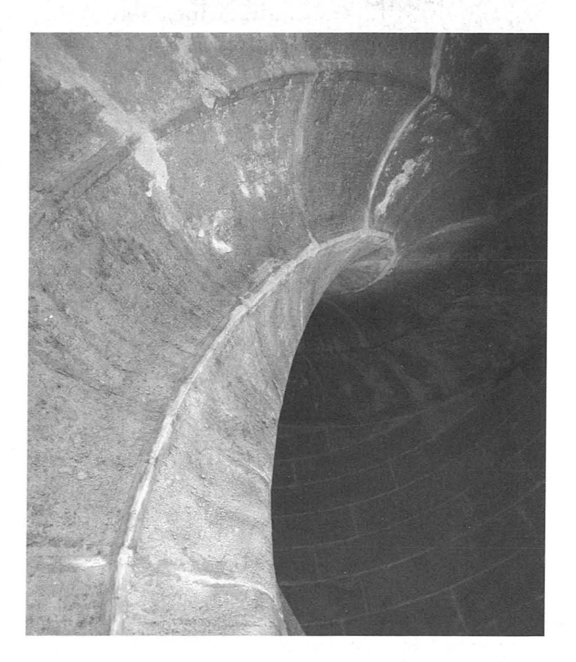


Figura 17
Intradós acanalado en la escalera de caracol de la Lonja de Valencia

nia, en el Convento-Parroquia de Santo Domingo en Sanlúcar de Barrameda, ambas vinculadas al maestro mayor del Ducado de Medina Sidonia, Francisco Rodríguez cumplido y también en la Catedral de Málaga.[5]

Conclusiones

El caracol con ojo, denominado de Mallorca en la tratadística española de la Edad Moderna, aparece como evolución del husillo gótico: el machón que se transforma en helicoidal se convierte, poco a poco, en una moldura, en muchos casos ricamente ornamentada. Del husillo estrecho y oscuro utilizado para subir a las cubiertas, para acceder a los coros o a las galerías de servicio, pasamos a caracoles luminosos y amplios, que sirven de acceso a espacios más representativos, bibliotecas, archivos, etc. En definitiva, el caracol de Mallorca constituye un elemento característico de la construcción pétrea, no solo por su interés estereotómico, sino por el papel predominante que adquiere en la evolución de las escaleras en la historia de la arquitectura en la España de la Edad Moderna, que se prolonga hasta el siglo XX, en los maravillosos ejemplos de Gaudí para la Sagrada Familia de Barcelona (fig. 18).

Notas

1. Las dimensiones y modulación de la Lonja de Palma has sido estudiadas en profundidad por Vellés (2003). Establece una hipótesis según la cual el edificio estaría modulado, en lo que él denomina, pies marineros, que es un pie de tradición anglosajona. En las mediciones que hemos realizado de la escalera no hemos podido establecer ninguna conclusión en cuanto a las unidades utilizadas.
2. Simón García recoge en su manuscrito otro anterior de Rodrigo Gil de Hontañón, datado hacia 1570.
3. Agradezco a D. Enrique Rabasa sus amables explicaciones y consejos sobre el proceso de labra de la superficie de intradós. Asimismo, le agradezco la ayuda en la lectura del manuscrito de Joseph Gelabert, al proporcionarme los textos y dibujos de la edición que prepara sobre el autor mallorquín.
4. Este tipo de caracoles acanalados han sido estudiados por Calvo y Nichilo (2005)
5. Este tipo de escaleras abovedadas han sido estudiadas por Sanjurjo (2006)



Figura 18
Caracol con ojo en una de las torres de la Sagrada Familia. En *Gaudí. La busqueda de la forma*. p 95

Lista de Referencias

Manuscritos

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM) Biblioteca.

R31, c 1580, conocido como *Libro de trazas de cortes de Piedras*, atribuido a Alonso de Vandelvira. (Edición facsímil, Barbé-Coquelín de Liste, Geneviève, 1977, *Tratado de Arquitectura de Alonso de Vandelvira*, Caja de Ahorros, Albacete).

Biblioteca Nacional de España (BNE).

Ms 9114, c 1708, conocido como *Cuaderno de Arquitectura*, atribuido a Juan de Portor y Castro.

ER 4196, atribuido a Alonso de Guardia.

Ms 12744, atribuido a Juan de Aguirre.

García Simón, 1681, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos, conforme a la medida del cuerpo humano* (Edición facsímil, 1991, Colegio de Arquitectos, Valladolid).

Biblioteca del Servicio Histórico Militar (SHM).

Martínez de Aranda, Ginés, c 1600, *Cerramientos y Trazas de Montea* (Edición facsímil, CEHOPU, 1986, Madrid).

Biblioteca de la Diputació de Balears.

Gelabert, Joseph, 1653, *L' art del Picapedrer* (Edición facsimil, 1977, Diputación provincial de Mallorca, Palma de Mallorca).

Textos impresos

Calvo López, José, 1999, *«Cerramientos y trazas de montea» en Ginés Martínez de Aranda*, tesis doctoral, Madrid.

Calvo López, José y Nichilo, Eliana de, 2005, *Stereotomia, modelli e declinazioni locali dell'arte del costruire in pietra da taglio tra spagna e regno di napoli nel xv secolo.*

Fitchen, John, 1961, *The Construction of Gothic Cathedrals*, Oxford, Clarendon (1981, The University of Chicago Press, Chicago).

García Berruguilla, Juan, 1747, *Verdadera Práctica de las resoluciones de la Geometría sobre las tres dimensiones para un perfecto archirecto*, (. . .), Imprenta de Lorenzo Francisco Mojados, Madrid.

Palacios Esteban, José Carlos, 1990, *Trazas y Cortes de Cantería en el Renacimiento Español*, Madrid, Ministerio de Cultura. (Reedición 2003, Munilla-Lería).

Palladio, Andrea, 1570, *I Quatre Libri d' Architettura*, Domenico de Francesca, Venecia (Tr. Española de Luisa de Aliprandini y Alicia Martínez Crespo, 1988, Akal, Madrid).

Perouse de Montclos, Jean Marie, 1985, «La vis de Saint Gilles et l'escalier suspendu dans l'architecture française du XVI siécle», en *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance*, (83–91), Picard.

Rabasa Díaz, Enrique, 2000, *Forma y Construcción en Piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*, Akal.

Sabater Rebassa, Tina, 2003, «Guillem Sagrera, arquitecto y escultor», en *La Lonja de Palma*, Govern Balear, (57–78) Palma de Mallorca.

Sanjurjo Álvarez, Alberto, 2006, «Una aproximación al dibujo de Choisy en dos ejemplos gaditanos» en *Actas del XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, Sevilla.

Vellés Montoya, Javier, 2003, «De las máquinas de medir», en *La Lonja de Palma*, Govern Balear, (165–182) Palma de Mallorca.

Viollet le Duc, Eugène, 1854, *Dictionaire raissoné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, Paris.

Zaragozá Catalán, Arturo, 2003, Arquitecturas del Gótico Mediterráneo, en *Una Arquitectura Gótica Mediterránea*, vol. 1, editado por Eduardo Mirá y Arturo Zaragozá, (105–183), Valencia.

Mármoles históricos del Sepulcro de los Mendoza en el Convento de San Francisco de Guadalajara. Marquetería lapidaria española del siglo XVIII

David Sanz Arauz
Beatriz Abenza Ruiz
Pablo Garcés Esteban

La familia Mendoza a través del Ducado del Infantado, tuvo importantes vínculos en la ciudad de Guadalajara, entre ellos el patronazgo del Convento de San Francisco, uniendo su linaje con la orden franciscana durante varios siglos.

La aristocracia castellana de la época era propicia al patronato y mecenazgo de artistas integrando los valores religiosos dentro del sistema cultural del momento, como política de prestigio social, y sentimiento espiritual. De entre las múltiples formas que adoptó esta práctica, la construcción de capillas y panteones fue una de las actividades más eficaces para significar el valor sacro de la familia y otorgar una dimensión atemporal al linaje, dado el simbolismo casi escénico que poseían los ritos de enterramiento de los nobles durante el renacimiento y el barroco.

Los duques del Infantado, en el siglo XV mandaron construir un panteón en la cripta del Convento de San Francisco, que al paso de los años hubo que sustituir por otra obra más amplia y suntuosa, de acuerdo a la moda arquitectónica en la segunda mitad del siglo XVII, este es el panteón que existe en la actualidad y al cual se refiere esta comunicación. El nuevo panteón es un encargo del IX Duque del Infantado, Don Juan de Dios Silva y Mendoza al arquitecto de Zaragoza, afincado en Madrid Felipe Sánchez, que da la traza en 1696 y conduce la obra hasta el momento de su muerte en 1712, la obra la concluye el maestro de obras de Guadalajara Felipe Peña, en 1728 (Larumbe y Román, 2004). Está compuesto por una escalera abovedada, y tres piezas de diferente planta y volumetría, según su función; el descansillo de la escalera, la capilla y la zona de alojamiento de las urnas funerarias, todo ello revestido en mármoles de colores. Tiene una gran similitud al Panteón de los Reyes del Monasterio de San Lorenzo de El Escorial, en el que sin duda se inspira.

La cripta-panteón se encuentra en la actualidad en muy mal estado de conservación y se puede observar en los mármoles las lesiones propias de un deterioro severo, por el abandono, y la acción de la humedad y las sales sobre ellos. En el siglo XIX, ya fue objeto de un artículo en la revista *Semanario Pintoresco* (V. de la F. 1844) en el que se describe su «deplorable estado» y se solicita su restauración.

Los Mendoza y sus enterramientos. Génesis del Panteón

La aristocracia en la Edad Moderna desarrolló una política de prestigio mediante el patrocinio de las artes y la realización de prácticas piadosas de consideración social, así mecenazgo y rito funerario forman parte de una estrategia de canalización de la influencia de la Iglesia en la sociedad favor la promoción de las casas nobiliarias.

El ritual de la muerte cristiana, se enriqueció durante el Renacimiento con la tradición clásica a través de los humanistas, y pasó a ser un vehículo apropiado para la expresión del poder. La corona lo

compone de tres piezas: una sala principal de planta elíptica convertida en poligonal por pilastras, el pudridero y la capilla con similitudes con el Panteón de los Reyes en disposición y en decoración con la combinación de mármoles de colores blanco, gris oscuro y anaranjado revistiendo suelos, techos y paredes (Carrasco, 2000).

Pese a los parecidos con el Panteón de los Reyes se encuentran en este monumento elementos plenamente barrocos, como son los relativos a la iluminación o el friso ornamentado con modillones pareados, típicos de la arquitectura madrileña de la época. Llaguno y Cean-Bermúdez ([1829], 1977) recogen que el encargo fue recibido por Felipe Sánchez en 1696 y que la obra fue concluida en 1728 por Felipe Peña, maestro de obras de Guadalajara, costando un millón ochenta y dos mil reales de vellón.

Felipe Sánchez fue un arquitecto cuya actividad profesional en durante el siglo XVII debió ser muy amplia, participando en numerosas obras importantes. Además del panteón de los duques del Infantado, es suyo el primer proyecto para la Basílica del Pilar (Kubler, 1957), la iglesia de la enfermería de la Venerable Orden Tercera, las casas de la condesa de Oñate en San Isidro, las de la marquesa de Villarreal, duquesa de Nájera, duque de Arcos, condesa de Osuna y las de la familia Luján, obra esta última considerada como el paradigma de la casa palacial del XVII (Tovar, 1975). También está reseñada la reforma tras el incendio del palacio del duque de Uceda o de los Consejos (actual Mando Regional Centro y Consejo de Estado del Ministerio de Defensa), todas en Madrid (Berlinches, 2003).

También tuvo que actuar a modo de «arquitecto restaurador» en la obra de San Antonio de los Portugueses en Madrid, obra muy arriesgada en su época, que precisó de la intervención de Juan Gómez de Mora, que dibujó la fachada y dirigió el cierre del espacio elíptico sobre la planta. Juan Gómez de Mora estaba familiarizado con el problema de la planta oval y su cubrición ya que lo había experimentado un tiempo antes en la Iglesia de las Bernardas de Alcalá de Henares (Tovar, 1975), y también tuvo que intervenir como técnico especialista en la construcción de la cubierta abovedada del zaguán del patio del palacio de Carlos V en Granada (Gentil, en Ruíz et al., 1995).

Es probable de Felipe Sánchez aprendiera la técnica relacionada con el trazado oval en la restauración de San Antonio de los Portugueses y por ello se atreviera con el diseño en el panteón de los duques del Infantado. Además de ser una audacia técnica, la traza oval tenía una gran carga de simbolismo religioso propio de la época (Fernández, 1997) y que era muy congruente con la idea escénica y simbólica del panteón, dentro de la política de prestigio a través de los enterramientos de la familia Mendoza. Otras influencias, además del Panteón de los Reyes, en el uso de los mármoles fueron las de los palacios barrocos andaluces (sevillanos y gaditanos), y de los altares y capillas del barroco levantino y murciano.

Durante todo el siglo XVII, el mármol fue un material muy valorado y empleado con profusión y con motivos suntuosos. Especialmente intensa era la relación del sur de España, con Génova, centro del mármol italiano, con las canteras de Carrara en su ámbito de influencia (Marín, 1990).

En Murcia, debido al empleo de los mármoles de las canteras de la tierra, los juegos de colores fueron en rojo, blanco y negro, tanto en Cehegin, como en Caravaca de la Cruz y en la ciudad de Murcia (Rivas y Cabello, 1991), lo cuál generó una moda en esta combinación cromática.

La importación de mármoles italianos, no obstante acabaría por ser prohibida por una real cédula de Carlos III, en 1777 (Alonso de la Sierra, 1995), con ello se cierra un ciclo de circulación de mármoles genoveses en España. Posteriormente toda la actividad relacionada con la marquetería lapidaria estaría regida por el Real Laboratorio de Piedras Duras y Mosaicos del Buen Retiro que fundó Carlos III y que estuvo funcionando hasta la guerra de la Independencia (García, 1996). Destaca la marquetería lapidaria que continúa en el siglo XVIII que se puede observar entre otras obras en el Palacio Real de Madrid, la Catedral Nueva de Cádiz, la iglesia de Santa Bárbara en Madrid y el retablo mayor de la Catedral de Segovia (Tárraga, 2002)

Construcción

Materiales; mármoles

La principal seña distintiva del Panteón en cuanto a los materiales es el uso de mármoles de gran riqueza cromática empleados en el revestimiento y ornamentación de la cripta. Se encuentran mármoles de tres

colores diferentes (gris, naranja y blanco) y alabastro. Los mármoles se encuentran revistiendo paredes, suelos y techos. El alabastro está presente tanto en el suelo como en el techo. Los adornos florales de la plementería entre arcos están realizados en alabastro recubierto de pan de oro. En esto se diferencia del Panteón de los Reyes, en el que se emplean bronces para la ornamentación de la cúpula.

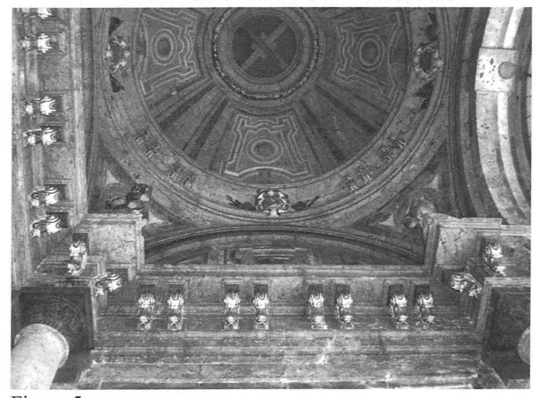


Figura 5
Cúpula de la capilla

La decoración basada en estos tres colores, se organiza en paneles con figuras geométricas, generalmente se encuentran formas circulares y de óvalos en el centro de cada placa de revestimiento, enmarcadas con cintas de mármol de colores contrastados.

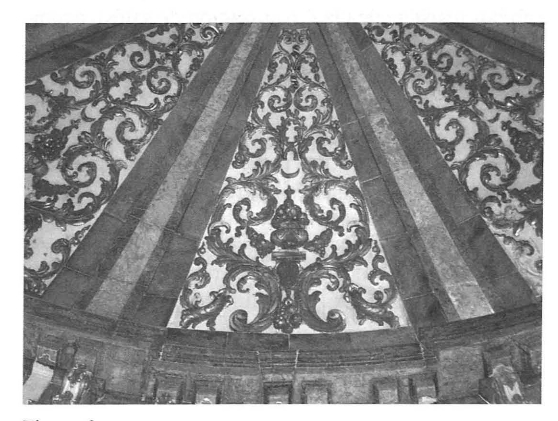


Figura 6
Cúpula sala de nichos

Los materiales que se observan en el Panteón son los siguientes:

- Mármol anaranjado, con vetas de cuarzo, coqueras con granos de calcita cristalizada y con zonas arcillosas. Es el tipo más extendido en el monumento y el que peor estado de conservación presenta, con numerosas escamas y exfoliaciones, así como zonas de arenización. Está salpicado de unas motas grisáceas de un material de relleno. De este tipo de mármol están construidos paneles, baldas y escalones.
- Mármol negro, con vetas de color gris claro, muy cristalino, con un buen estado de conservación general. Se encuentra fundamentalmente en cercos de piedra rodeando al resto de mármoles, con presencia también en fajas, cenefas y paneles. También se encuentra en el pavimento ajedrezado de la Cripta.
- Mármol blanco, con veteado irregular de diversos tonos. Forma parte de paneles decorativos, óvalos, fajas y cenefas.
- Mármol rojo muy veteado de textura similar al anaranjado pero de tonos fuertes. Se encuentra en algunos cercos de puertas y en algún panel a modo de sustitución del mármol naranja.
- Alabastro, en dos situaciones: como pavimento de la cripta y como adornos, en forma de volutas, pequeñas esculturas y canecillos, en estos casos recubierto de pan de oro.
- Morteros, fundamentalmente de yeso (en la cripta) y de cal y yeso en los revestimientos de la iglesia.
- Piedra de Tamajón en la base de algunos revestimientos y en el resto del Convento, Es de naturaleza carbonática y es la piedra habitual de los edificios históricos de Guadalajara.
- Estucos de imitación marmórea en la cripta y en la linterna de la iglesia.

Técnica; opus sectile muraria

La capilla está revestida por placas construidas siguiendo la técnica de «opus sectile[2] muraria», en la que se ajustan las piezas con juntas secas y perfectamente ejecutadas, incluyendo cajeados a modo de taracea en piedra (*intrasia*), tradición procedente de técnicas romanas, en las que el revestimiento de pa-

Lista de referencias

Agustí et al. 2000. *Planimetría del Convento de San Francisco de Guadalajara*. Trabajo del Master en Conservación y Restauración del Patrimonio Arquitectónico. Inédito.

Alonso de la Sierra, Lorenzo. 1995. «Mármoles italianos en Cádiz durante el siglo XVIII. Un retablo de Alessandro Aprile». En *Atrio* 7: 57–66.

Berlinches, Amparo. 2003. *Arquitectura de Madrid*. Madrid. Fundación COAM.

Carrasco, Adolfo. 2000. «Los Mendoza y lo sagrado. Piedad y símbolo religioso en la cultura nobiliaria». En *Cuadernos de Historia Moderna* 25: 233–269.

Fernández, Margarita. 1997. «La planta oval. Traza y símbolo». En *Logia* 3:16–21.

García, Javier. 1996. «Marquetería Lapidaria en España: El Real Laboratorio de Piedras Duras y Mosaicos del Buen Retiro, Madrid (1763–1812)». En *Roc Máquina* 42: 84–99.

Gentil, José María. 1996. «La traza oval y la sala capitular de la catedral de Sevilla». En Rico et al. 1996. *Quatro edificios sevillanos*. Sevilla: Fundación Fidas.

Kubler, Geroge. 1957. *Arquitectura de los siglos XVII y XVIII*. Serie Ars Hispaniae, 14. Madrid: Editorial Plus Ultra.

Larumbe, M y Román, C. 2004. *Arquitectura y urbanismo en la provincia de Guadalajara*. Toledo: Consejería de Cultura de la Junta de Comunidades de Castilla la Mancha.

Llaguno, E y Cean-Bermúdez, J. A. 1829, 1977. *Noticias de los arquitectos y arquitectura de España desde su restauración*. Tomo IV. Madrid: Turner.

Marín, Ana. 1990. «Mármoles procedentes de los talleres genoveses para el palacio de Don Pedro de Guzmán en Olivares (Sevilla)». En *Archivo Hispaliense* 73: 127–136.

Pérez, Esther. 1996. *Revestimientos de Opus Sectile de la Península Ibérica*. Valladolid: Servicio de publicaciones Universidad de Valladolid.

Rivas, J y Cabello, R. 1991. «Los mármoles del Barroco murciano». En *Imafronte* 6–7: 133–142.

Sanz, D. Abenza, B. Garcés, P. 2004. *Caracterización de materiales pétreos del convento de San Francisco. Mármoles históricos de la cripta-panteón de la familia Mendoza en Guadalajara*. Informe técnico Inédito.

Tárraga, Maria Luisa. 2002. «Rocas ornamentales para el retablo mayor de la Catedral de Segovia». En Roc Máquina 74: 66–72.

Tovar, Virginia. 1975. *Arquitectos madrileños de la segunda mitad del siglo XVII*. Madrid: Instituto de Estudios Madrileños.

V de la F. 1844. «España Artística». En *Semanario Pintoresco* 9: 345–347.

Configuración constructiva y comportamiento mecánico de las cúpulas modernistas de la iglesia de Sant Romá de Lloret de Mar (Gerona)

Javier Sanz Prat

La presente ponencia aporta las conclusiones sobre lo indicado en el título, teniendo como base las investigaciones encargadas por la «Fundación Sant Romá» que administra la conservación de la parroquia la población citada.

La construcción de las dos cúpulas se inició el 12 de julio 1912 y 20 de enero de 1914 respectivamente, siguiendo los sistemas constructivos modernistas propios de la época. El caso surge como consecuencia de la aparición de notables fisuras y grietas en la base de la cúpula en su entrega con el tambor, que podrían acabar afectando a los feligreses. Una primera investigación permitió comprobar que habían sido provocadas por la oxidación de un zuncho metálico situado precisamente en el encuentro entre cúpula y tambor. Siguiendo las recomendaciones de Heyman (1999) y Huerta (2004), se realizó un análisis por estática gráfica con el objetivo de valorar la necesidad o no del zuncho metálico existente ya que en algunas ocasiones se colocaba sin ser estrictamente necesario. Para realizar dicho cálculo fue necesario realizar catas para acceder al conocimiento de la configuración constructiva de todo el conjunto, que no respondía a ninguno de los modelos habituales de la época (González 2004).

La ponencia incluye la descripción de ambas cúpulas, formadas ambas por 16 nervios de ladrillo macizo, bóvedas tabicadas de doble hoja y revestimiento exterior de escamas de cerámica vidriada, tomadas exclusivamente con mortero de cal; también se describe su proceso constructivo, deducido a partir de fotografías históricas. Se expone asimismo el análisis por estática gráfica.

Introducción

A continuación se expondrán los estudios realizados en las cúpulas de las capillas de la Iglesia Parroquial de Lloret de Mar, situada en el centro histórico de la población. Dichos estudios condujeron al diagnóstico de las lesiones observadas en las cúpulas, así como al proyecto y a las obras que se llevaron a cabo para restaurarla. Estos estudios previos permitieron conocer la configuración constructiva y el comportamiento mecánico de las dos cúpulas, que es el objeto de esta ponencia. Esta iglesia, construida en estilo gótico en los primeros años del siglo XVI, fue ampliada en el XVII, y profundamente reformada por el arquitecto modernista Buenaventura Conill quien, a partir de 1912, llevó a cabo la construcción de la Casa Rectoral y la Escuela Parroquial, así como la ejecución de dos nuevas capillas, cubiertas por sendas cúpulas (figs. 1 y 2).

Alertado por unas notables fisuras en el intradós de las cúpulas, visibles desde el suelo (fig. 3), el cura párroco pidió nuestra colaboración para identificar y resolver el problema, para lo cual se realizaron las correspondientes inspecciones.

En este caso, en el que en una construcción tradicional de ladrillo se han utilizado técnicas de restauración poco tradicionales, han sido observados escrupulosamente los siguientes criterios:



Figura 1
Cúpula de la Sacristía. Construcción iniciada el 12 de julio 1912



Figura 2
Cúpula del Santísimo. Construcción iniciada el 20 de enero de 1914

- No alterar el modo de trabajo estructural de los elementos constructivos originales; es decir, conseguir que las cúpulas sigan trabajando como tales.
- Utilizar una solución duradera, reversible y controlable a medio y largo plazo.

Para conocer la configuración constructiva y el comportamiento mecánico de las cúpulas se realizaron los estudios previos que se exponen en el siguiente apartado. Si bien los estudios mencionados se han llevado a cabo con los procedimientos que habitualmente se aplican a las obras de fábrica tradicionales, las incertidumbres sobre los parámetros mecánicos de dichas fábricas, han llevado a que la solución finalmente adoptada para su restauración haya precisado de medios técnicos altamente sofisticados, para lo cual se realizó un modelo a escala natural, representativo de un fragmento de la cúpula, a fin de estudiar su comportamiento real. Para poder

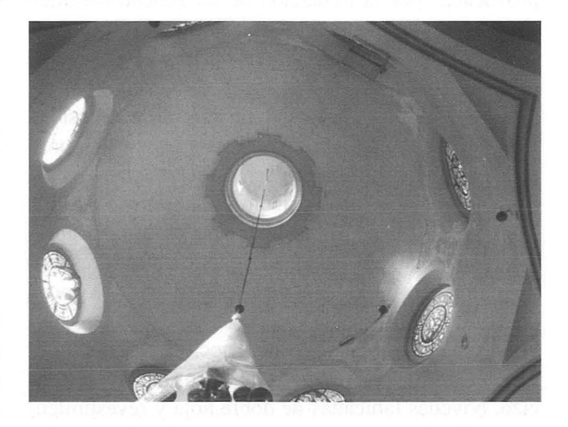


Figura 3
Grieta perimetral en la base de la cúpula en su entrega con el tambor y fisuras radiales en el intrados de la cúpula

realizar el modelo a escala natural y que éste fuera representativo, era necesario conocer de manera exhaustiva la configuración constructiva de las cúpulas. Todo esto llevó a profundizar en varios aspectos durante los estudios previos a la restauración y, ahora, nos permite conocer como se construyeron las cúpulas.

Estudios previos realizados

El motivo de esta ponencia es dar a conocer este caso como ejemplo de construcción histórica, exponiendo cual es la configuración constructiva y el comportamiento mecánico de ambas cúpulas, por lo que nos centraremos en los aspectos relativos a estos temas. Los estudios se realizaron de manera paralela en las dos cúpulas, aunque se intervino primero en la cúpula del Santísimo, que es la que se encontraba en peor estado de conservación. A continuación se hablará de los estudios llevados a cabo para emitir un diagnóstico de las lesiones de las cúpulas. Estos se componen de los siguientes trabajos:

- Levantamiento topográfico.
- Inspección ocular.
- Prospecciones y catas.
- Determinación de la configuración constructiva.
- Análisis de materiales.
- Estudio de la estabilidad mediante estática gráfica.

Finalmente, se exponen brevemente las conclusiones de dichos estudios.

Levantamiento topográfico

Antes de iniciar nuestros estudios, se realizó un levantamiento de las dos capillas para determinar su estructura geométrica. La del Santísimo presenta una disposición central con ocho pilares formando una planta octogonal cubierta por una cúpula, que se levanta sobre un tambor con ocho óculos, culminado todo ello por una linterna de grandes proporciones. La cúpula tiene 6,5 m de diámetro interior y presenta una altura desde el pavimento a la base de la linterna de aproximadamente 13 metros (fig. 4).

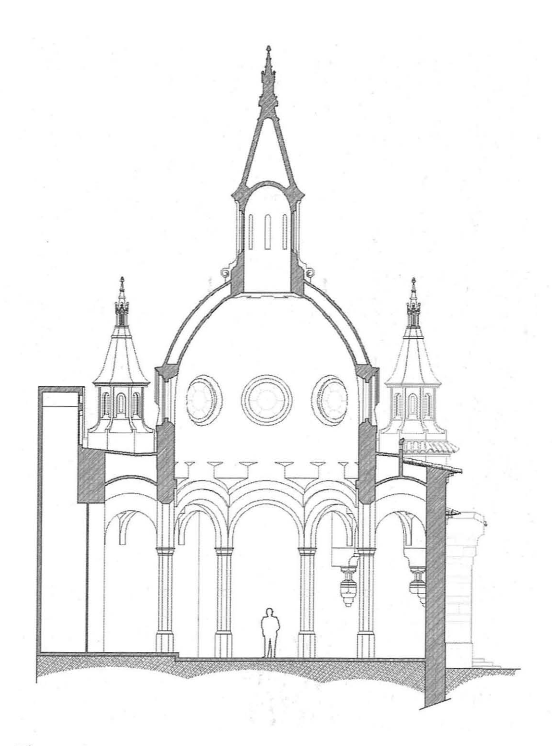


Figura 4
Levantamiento topográfico de la capilla del Santísimo

La capilla de la Sacristía tiene unas dimensiones parecidas pero difiere la curvatura de la cúpula, más rebajada que la del Santísimo, y la dimensión de la linterna, mucho menor en este caso (fig. 5).

Inspección ocular

Realizada una primera inspección visual con el fin de plantear los estudios previos, se detectaron una serie de lesiones tanto en el interior como en el exterior de la cúpula. Por el exterior se apreciaba principalmente:

- Desconchado del esmalte de las escamas cerámicas.
- Perdida de material en los pináculos de piedra artificial.
- Degradación de los vitrales.
- Levantamiento de una franja de escamas por encima de los óculos que propiciaba la entrada de agua.

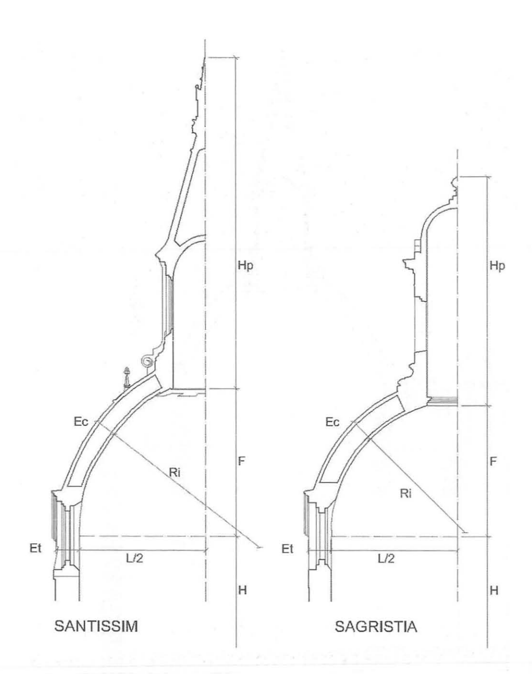


Figura 5
Comparación geométrica de las dos capillas



Figura 6
Cata realizada por el exterior de la cúpula del Santísimo. Se observa el zuncho oxidado y la grieta que genera. Ello provoca la rotura de la obra de fábrica y el levantamiento de una franja de escamas que se observaba desde el exterior.



Figura 7
Cata realizada en el interior de la cúpula del Santísimo que permite constatar la existencia de un zuncho metálico oxidado.

En el interior se observaba un cuadro patológico formado por:

- Un conjunto de grietas y fisuras.
- Focos de humedad entre óculos.

Destacaba una fisura circular en el paralelo de intersección entre la cúpula y el tambor, siguiendo todo su perímetro, así como varias fisuras meridianas que, desde la base de la linterna hasta el arranque de la cúpula, recorrían todo su intradós (fig. 3). Algunas fisuras también continuaban en algún punto, rompiendo el arco que salva la luz entre cada par de pilares. Dejando de lado los estudios realizados sobre el resto de elementos constructivos, esta ponencia se centra en las lesiones observadas en las cúpulas que comprometen su estabilidad estructural.

Prospecciones y catas

Para ello, se inició una campaña de prospecciones, por el exterior y por el interior, con el fin de corroborar la hipótesis de que el levantamiento de las escamas cerámicas y del cuadro fisurativo interior, se debía a la existencia de un zuncho metálico, tal y como era frecuente en las construcciones modernistas, y éste debería estar en estado de corrosión. Se verificó la existencia del zuncho, así como su avanzado estado de degradación y perdida de material por el exterior (figs. 6 y 7).

Determinación de la configuración constructiva

Por último se determinó la configuración constructiva de la cúpula mediante catas y el análisis de fotografías históricas del periodo de construcción de la cúpula (fig. 8). Ambas cúpulas están formadas por un conjunto de 16 nervios meridianos distribuidos uniformemente que se encuentran en la cámara de aire entre las 2 cáscaras, formadas cada una de ellas por 2 hojas de rasilla.

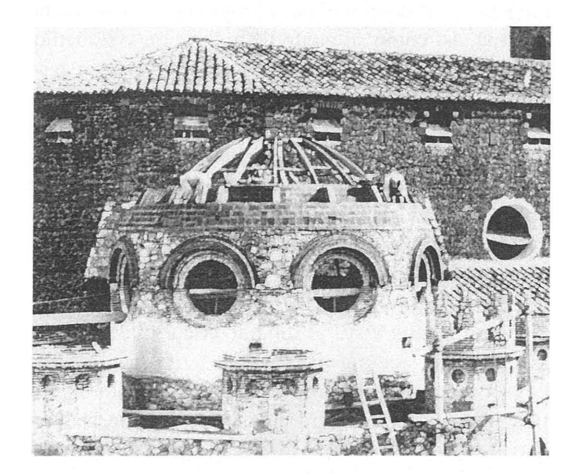


Figura 8
Foto de archivo de la capilla de la Sacristía durante su construcción. Se observa la cimbra de madera que sirve de guía para la construcción de las dos cáscaras de rasilla y los nervios



Figura 9
Cata realizada en la base de la cúpula de la Sacristía. Al eliminar el revestimiento y la bóveda tabicada exterior se puede observar el arranque de uno de los 16 nervios

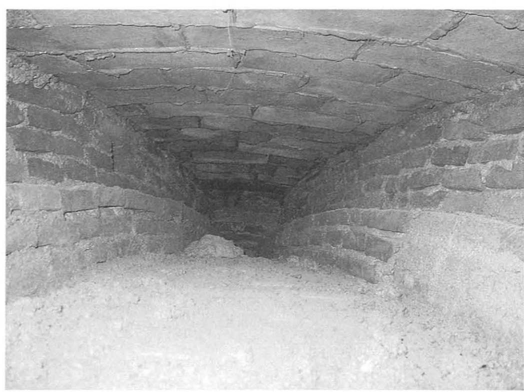


Figura 10
Interior de la cúpula del Santísimo. Se observan los nervios en T y las cáscaras de rasilla

La sección de los nervios es rectangular en la cúpula de la Sacristía y en forma de T en la del Santísimo. Ambos son de ladrillo macizo y están colocados según la directriz de la cúpula (figs. 9 y 10).

El tambor es de mampostería y la linterna de piedra artificial combinada con partes de obra realizada in situ. A continuación se identificó el zuncho perimetral de hierro situado en la base de la cúpula sobre el tambor. Esta formado por dos angulares situados muy cerca del intradós y del extradós y atados entre si por pletinas en zigzag (fig. 11).

Análisis de materiales

Se realizaron los correspondientes análisis de todos los materiales de la construcción original: ladrillo macizo, rasillas cerámicas, escamas esmaltadas, morteros y zuncho metálico. El análisis relativo al zuncho metálico sirvió para determinar el grado de oxidación. Mientras que el de los morteros y piezas cerámicas fue de gran utilidad para que la realización del ensayo de la solución adoptada fuera suficientemente representativa (fig. 12).

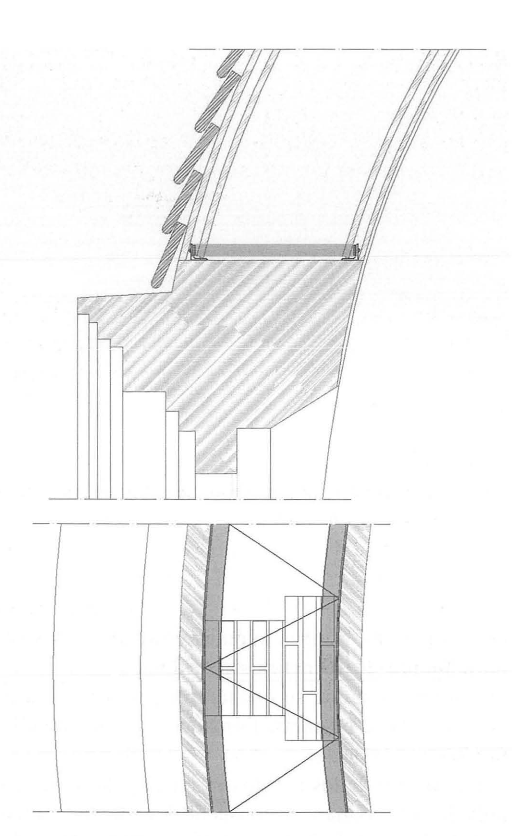


Figura 11
Planta y sección del zuncho metálico existente

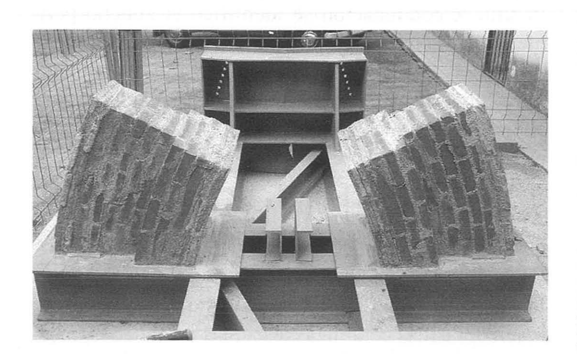


Figura 12
Reproducción de un tramo de dos nervios a escala 1:1 siguiendo el mismo aparejo que se observa en la cúpula. Se utilizó mortero mixto, ladrillo macizo y rasilla cerámica para obtener un modelo lo más parecido posible al nervio real de acuerdo con los análisis realizados

Estudio de la estabilidad mediante estática gráfica

Al comprobar que la degradación del zuncho metálico estaba afectando a la fábrica, se planteó un estudio por medio de estática gráfica aplicada a un nervio, para analizar la estabilidad de la cúpula en el caso de no existir este zuncho o que se extrajera sin reponerlo. Se calculó el peso propio de la cúpula y la linterna, así como su punto de aplicación y se partió de la hipótesis del empuje mínimo para ver su repercusión (fig. 13).

Conocida la magnitud, el peso y la dirección del empuje y de la resultante se obtiene el dato que buscamos: el empuje horizontal que recibe cada nervio, que es de 2 toneladas; este empuje es la componente horizontal de la resultante en la base del nervio y es el mínimo posible para que la resultante no se salga de la cúpula en el punto D.

Como hemos visto al dibujar la curva de presiones, ésta no siempre pasa por el tercio central. En consecuencia, aparecerán tracciones, aunque no es una situación crítica para el sistema. Esta inestabilidad se debe en gran parte al elevado peso de la linterna con relación al de la cúpula. Si, por un momento, se pudiera obviar el peso de la linterna, la nueva línea de presiones se desplazaría dando una resultante

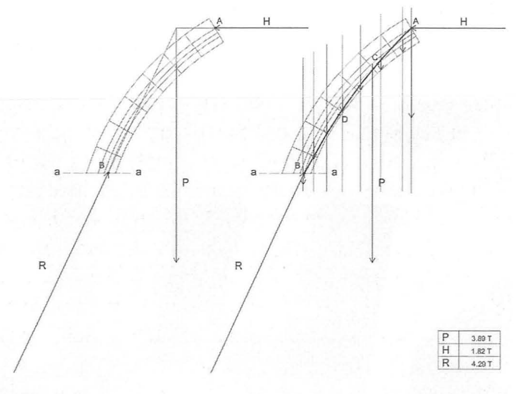


Figura 13
Empuje de la cúpula del Santísimo en su base. Imponiendo la condición de que la línea de presiones pase por los puntos A y B la resultante pasaría por los puntos C y D. A partir del punto C la resultante sale del tercio central generando tracciones en el extradós de la cúpula. La compresión en el punto D sería máxima ya que la resultante pasa muy próxima al intradós de la cúpula

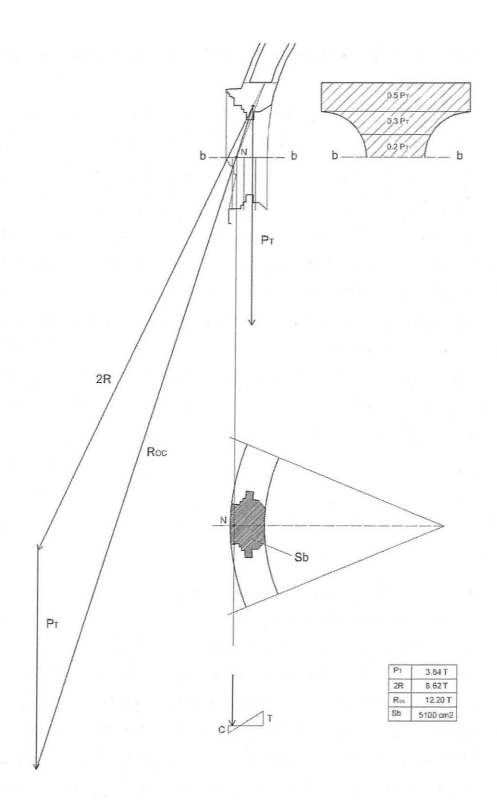


Figura 14
Cálculo del empuje de la cúpula del Santísimo a la altura de los óculos

más vertical y, por lo tanto, un empuje menor. Con ello se demuestra la importancia decisiva del peso de la linterna. Siguiendo con nuestros cálculos, se estudia la sección por el óculo. Sumando la resultante antes obtenida multiplicada por 2, ya que hay 16 nervios y 8 óculos, y el peso propio del tambor, el empuje final pasa por el extremo de la sección, con lo que la fábrica se encuentra sometida a tracciones importantes y suficientes como para desestabilizar el sistema (fig. 14).

Este mismo cálculo se realizó para la cúpula de la Sacristía con un resultado similar, ya que, aunque el peso de la linterna es menor, la forma más rebajada de la cúpula genera mayor empuje. Para contrastar los resultados obtenidos en el cálculo gráfico se realizó un estudio por elementos finitos que corroboró en lo esencial los resultados obtenidos. En conclusión, en la base de ambas cúpulas se produce un empuje excéntrico de 2 toneladas en cada nervio que no puede ser asumido por la geometría del tambor. En consecuencia, este empuje es absorbido por el zuncho metálico de manera que las cargas puedan bajar verticalmente desde este punto a través del tambor.

Conclusiones de los estudios realizados

Todo ello demuestra la necesidad de un zuncho que contrarreste el empuje horizontal de 2 toneladas en cada nervio. De la diagnosis realizada resultaban dos consecuencias importantes:

- La urgencia de eliminar el zuncho metálico, para evitar que su oxidación continuara rompiendo la fábrica.
- La necesidad de utilizar un sistema que equilibrara los empujes horizontales provocados por la cúpula, buscando una solución constructiva diferente a la original, ya que es demasiado vulnerable a la acción de la intemperie.

Comportamiento mecánico durante la intervención

Debido a que esta ponencia no tiene por objeto exponer la intervención realizada, únicamente se resume ésta de forma breve para ilustrar los aspectos relativos al comportamiento mecánico de las cúpulas. La solución consistió el la colocación de una serie de cables tensados (1), convenientemente protegidos, que asumieron la tensión soportada por el zuncho metálico (2). Los cables transcurren por la cámara de aire entre las dos cáscaras de bóveda tabicada y transmiten la tensión a los nervios mediante un desviador de aluminio que los guía y reparte la carga. La tensión a la que trabajan los cables es muy baja (3) y únicamente contrarresta el empuje calculado mediante estática gráfica. Su ubicación fue lo más próxima posible al zuncho existente para no alterar el comportamiento mecánico de las cúpulas y permitir a la vez la extracción por tramos del zuncho original que había generado las grietas en la base de las cúpulas (fig. 15).

Durante la intervención no se produjeron fisuras, lo cual demuestra que las hipótesis de partida sobre su comportamiento mecánico eran ciertas. Por tanto,



Figura 15
Nervio de la cúpula del Santísimo con los cables tensados y el zuncho metálico oxidado antes de ser eliminado

queda demostrada, una vez más, la utilidad de la estática gráfica para el análisis de las estructuras históricas.

NOTAS

1. En la cúpula del Santísimo se utilizaron 6 cables para aumentar la rigidez del anillo, evitando casi totalmente las deformaciones de la cúpula y en consecuencia la aparición de fisuras. Además, así se garantizaba un amplio margen de seguridad y un mayor control durante la obra. La experiencia adquirida en esta cúpula permitió reducir a 2 el número de cables utilizados en la cúpula de la Sacristía con resultado igualmente satisfactorio.
2. Previamente se realizó una bancada de pruebas a pie de obra para verificar el funcionamiento de la solución adoptada. Esta bancada también sirvió para ensayar todos los pasos de la ejecución material de la intervención que se iba a realizar.
3. Se utilizó un sistema de instrumentación a base de sensores capaces de medir la tensión de éstos mediante descargas eléctricas. De esta manera se pudo controlar la tensión durante el tesado de los cables, a medio y largo plazo.

LISTA DE REFERENCIAS

Heyman, Jacques. 1999. *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica.* Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, CEDEX.

Huerta, Santiago. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas: geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

González, José Luís. 2004. La bóveda tabicada: pasado y futuro de un elemento de gran valor patrimonial. Ensayo introductorio de: Ángel Truñó. *Construcción de bóvedas tabicadas*, xxxviii. Edición a cargo de Santiago Huerta y José Luís González; prólogo de Santiago Huerta. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

La documentacion escrita como vía para el estudio de las construcciones hidráulicas. El heredamiento de Aranjuez en la edad moderna

Cristina Segura Graiño

Mi contribución al V Congreso de Historia de la Construcción pretende, como ya hice en el anterior congreso, ofrecer instrumentos de investigación para los estudiosos e investigadores de esta disciplina. Mi condición de historiadora no me permite, con referencia a este tema, más allá de aportar las informaciones que en los documentos escritos se encuentran con referencia a obras de variado tipo e intentar analizar el desarrollo de las construcciones y su impacto social, sin entrar en cuestiones técnicas. Sería una osadía por mi parte pretender valorar los avances en los sistemas constructivos o la adecuación de las edificaciones con cualquiera de las corrientes artísticas; todo ello es competencia de arquitectos, ingenieros y especialistas en Historia del Arte. Pero, en cambio, al ser historiadora, pienso que puedo aportar fuentes documentales y métodos de trabajo, sobre todo para edificaciones que se realizaron en las sociedades preindustriales. Todo ello puede ser útil a quienes de dedican a estudiar la evolución de las construcciones en aspectos materiales o técnicos. También para los análisis centrados en el desarrollo de nuevas tendencias artísticas o la introducción de nuevos elementos en las obras. La documentación escrita referente a las construcciones, en el momento que se estaban realizando aporta unas informaciones muy variadas y puede colaborar a conocer el desarrollo de dicha obra. Por tanto, esta comunicación, no pretende aportar nuevos conocimientos, sino tener un carácter instrumental que pueda servir de base para otras investigaciones.

En este escrito voy a ofrecer las posibilidades que la documentación escrita puede ofrecer para avanzar en un mejor conocimiento del desarrollo de la Historia de la Construcción. Para ello, voy a ofrecer una larga lista de documentos, ochenta y cuatro, relacionados entre sí por dos aspectos de su contenido: uno espacial y otro genérico. Son documentos que se refieren a un mismo lugar, el heredamiento de Aranjuez, y a un tipo de construcciones, las hidráulicas, que en él se llevaron a cabo en la Edad Moderna. Por tanto, tienen en común el espacio en el que se encontraban y encuentran, la vega del Tajo en las proximidades de la confluencia con el Jarama, y la función que desempeñaban, facilitar las relaciones con el elemento hidráulico que aportaban los ríos, sobre todo el Tajo. No voy a valorar la construcción de sistemas hidráulicos, ya lo he hecho en otras ocasiones (Miguel y Segura 1998), sino que voy a mostrar las posibilidades que estos documentos tienen como complemento de los estudios técnicos. Para ello voy a ofrecer una relación de documentos, que tratan sobre aspectos diversos de construcciones hidráulicas, situadas en lo que fue el heredamiento de Aranjuez. No voy a tener en cuenta la construcción de las presas que todavía se conservan, ni de sus reparaciones. La mayoría de estas presas se edificaron en la época que he elegido y de ellas hay abundante documentación, además han sido suficientemente estudiadas (Arenillas 1998), incluso por mi misma (Macias y Segura 1998; Segura 1998). En cambio, voy a insistir, sobre todo, en aspectos mucho más humildes

relacionados con la construcción y a los que no se suele prestar demasiada atención: pequeñas construcciones de apoyo a sistemas más sofisticados, reparaciones, materiales, costes, etc.

Quiero insistir que no voy a analizar como se llevaron a cabo estas actuaciones, que en los documentos se exponen pormenorizadamente, sino las posibilidades de utilización de estas informaciones que ayudaran a desentrañar aspectos oscuros que los restos materiales difícilmente muestran. De esta manera, propongo un método de trabajo que consiste en combinar el análisis de los restos materiales con la documentación relacionada con ellos, gracias a este método se logra un conocimiento más profundo de cada pieza. En algunos casos, la documentación escrita ayuda a conocer edificaciones desaparecidas o a reconstruirlas idealmente como exponía en mi comunicación del último Congreso celebrado en Cádiz con respecto a las casas de encomienda de la Orden Militar de Santiago (Segura 2005).

El heredamiento de Aranjuez

El territorio que actualmente se corresponde con la Villa de Aranjuez, los jardines históricos y las construcciones en la Villa o en sus próximidades se hicieron, sobre todo en la Edad Moderna, se corresponden con un territorio que el rey Carlos I expropió a la Orden Militar de Santiago, para incorporar a la Corona. Estas tierras pertenecieron, como la mayor parte de la cuenca del Tajo en esta zona, a la Orden Militar de Santiago, posiblemente desde tiempos del rey de Castilla Alfonso VII (siglo XII) (SEGURA, 1982). La zona fue dividida en encomiendas, éstas eran explotaciones agropecuarias que comprendían un territorio en torno a una construcción fortificada, torre o castillo y con población que atendía al aspecto económico y al militar. Algunas de las construcciones que había en las encomiendas han sufrido transformaciones, otras han desaparecido y la mayoría se conservan en deficiente estado. El río Tajo fue frontera entre cristianos y musulmanes durante el siglo XI y XII. Esta situación motivó que haya fortificaciones de los musulmanes en la margen izquierda, que fueron las primeras, y posteriormente los cristianos construyeron otras enfrentadas en margen derecha. El triunfo de los cristianos en la batalla de las Navas de Tolosa (1212) que propició la conquista del valle del Guadalquivir, hizo que la frontera se trasladara desde el Tajo a Sierra Morena. Las tierras del Tajo pasaron a estar, desde entonces, frecuentadas por las ovejas trashumantes que las recorrían dos veces al año en busca de pastos. El derecho de paso obligaba a pagar unas tasas por ello a los propietarios de las tierras, en el caso que me ocupa la Orden Militar de Santiago.

Felipe II mantuvo la predilección por estas tierras de su padre e inició una serie de importantes actuaciones, entre las que habría que destacar las construcciones residenciales desaparecidas, una serie de azudes o presas, entre las que habría que destacar Valdajos, los inicios de las conducciones hidráulicas que llevarían el agua de riego a las experimentaciones agrícolas que el monarca pretendía llevar a cabo, una serie de molinos y, sobre todo, la creación de campos de cultivo experimentales gracias a los cuales pretendía introducir y aclimatar especies agrícolas que favorecerían el desarrollo económico castellano. A partir de Felipe III los monarcas de la casa de Austria se desinteresaron por este lugar, tenían problemas más graves. No obstante, las construcciones y las explotaciones se mantuvieron en buen estado y llegaron hasta el siglo XVIII.

Fue en ese siglo, el XVIII, con la llegada de una nueva dinastía, la casa de Borbón, y un nuevo pensamiento, la Ilustración, cuando se llevaron a cabo la mayor parte de las actuaciones que se conservan en perfecto estado y de cuya construcción hay documentación abundante. Desde mediados de siglo, hubo un nuevo interés por este espacio y por seguir con los experimentos agrícolas iniciados por Felipe II a fines del siglo XVI (Miguel y Segura 1998). Las antiguas construcciones se revitalizaron y se hicieron otras nuevas, incluso se construyó un poblado para los agricultores que aquí estaban asentados y otros más que vinieron. Todo ello, en mejor o peor situación todavía se conserva, pues no todas las construcciones han despertado el mismo interés. La atención se ha centrando en las edificaciones espectaculares, en cambio otras de gran interés técnico, pero que sólo ofrecen interés para estudiosos y especialistas, están en situación de deterioro preocupante o de gran desatención.

Los Borbones convirtieron Aranjuez en Real Sitio y en él residieron largas temporadas desde mediados del siglo XVIII. Por ello, allí también se tenía que desplazar todo el personal, de muy diversas

categorías, que requería el buen funcionamiento de la corte: criados, sirvientes, ministros, cortesanos, etc. Todo ello dio lugar a una serie de nuevas y variadas necesidades que requerían todas estas personas. Para ello se llevaron a cabo toda una serie de construcciones y se diseño el trazado de una población en franco crecimiento que exigía todas las comodidades y entretenimientos que se dejaban en Madrid. En el presente caso mi atención se va a centrar únicamente en construcciones relacionadas con el agua. Bien para el abastecimiento, bien para poder cruzar los cauces de agua, el Tajo sobre todo, o bien para defenderse de las inopinadas y frecuentes crecidas. Todo ello requería una serie de construcciones especiales que precisaban de unos expertos con conocimientos técnicos propios. No voy a insistir sobre las presas, ya lo he hecho en otras ocasiones y sólo haré a estas construcciones las referencias imprescindibles.

Fue en el año 1993 cuando la Confederación Hidrográfica del Tajo me encargó la coordinación de un proyecto que dio lugar a un profundo estudio que la propia Confederación publicó bajo el nombre de *Agua y sistemas hidráulicos en el valle del Tajo. De Estremera a Algodor siglos XIII al XVIII* (1998). En este proyecto participaron jóvenes investigadoras e investigadores de la Asociación Cultural Almudayna y otras personas consagradas como Miguel Arenillas, que fue autor del capítulo relativo a la presa de Ontígola (Arenillas 1998), en este estudio se analizaron y valoraron los sistemas hidráulicos relacionados con el territorio señalado: la vega del Tajo desde Estremena a Algodor. La base de la investigación fue una exhaustiva búsqueda de documentación escrita relacionada con las actuaciones en estas tierras. El trabajo de campo, además, ofreció el conocimiento de la situación actual de la zona. Por tanto, la labor de archivo se completó con el trabajo de campo. Gracias a todo ello se relacionaron los documentos escritos con los restos materiales todavía conservados.

La búsqueda de documentación aportó una ingente cantidad de material. La mayor parte se utilizó y se cita en el estudio indicado, pero hubo algunos documentos que tenían un carácter reiterativo o que aportaban diversas informaciones algunas no relevantes para el estudio que estábamos llevando a cabo. Una pequeña parte de esta documentación es la que voy a utilizar en este caso. Voy a recogerla en forma de regesto y valorar sus posibilidades para la Historia de la Construcción. Ahora no me interesa analizar sus contenidos en si mismos, lo que me preocupa es demostrar las posibilidades que ofrecen los documentos escritos considerados como poco relevantes, para la investigación sobre Historia de la Construcción, para conocer problemas constructivos, materiales, actuaciones, etc.

3. Relación de documentos

En el estudio citado (Macias y Segura 1998) que llevamos a cabo había documentación preferentemente en tres archivos: Archivo General de Simancas, Archivo Histórico Nacional y Archivo de Palacio Real. Este último archivo guarda documentación muy valiosa, no demasiado conocida, ni utilizada por los investigadores/as y perfectamente asequible. Ella es la que voy a utilizar para mi propuesta. Me voy a limitar a hacer la relación de documentos y un breve resumen de su contenido. Tras ello voy a señalar los diferentes aspectos que pueden investigarse gracias a esta documentación. No pretende aportar conocimientos, reitero, sino ofrecer vías de investigación.

A. Arreglo de roturas producidas por diversas causas, sobre todo por las crecidas de los ríos Tajo y Jarama

1. 21.09.1680. AP (Archivo de Palacio), C (Caja) 14130
   Los daños que ha producido la crecida del Tajo
2. 18.10.1680. AP, C 14130
   Petición de los 2.000 ducados que S.M. mandó se libraran para levantar las tapias de las huertas de Aranjuéz
3. 9.03.1690. AP, 14131
   Destrozos producidos por las crecidas del río Tajo en el Real Sitio Aranjuez, sobre todo en el puente Largo
4. 7.08.1693. AGS (Archivo General de Simancas), C y SR, leg 371, f 157
   Reparos y propuestas en las obras que se han de hacer en las calles de Aranjuez para evitar los daños de las crecidas del Tajo.

5. 13.01.1702. AP 14132
Relación de las obras que hay que hacer en los ríos Tajo y Jarama por los daños que han hecho las crecidas.
6. 14.03.1703. AP 14133
Informe del aparejador del reconocimiento de los daños causados por la crecida del Tajo.
7. 27.091703. AP 14133
Informe del reconocimiento efectuado de las obras para reparar los daños causados por una avenida del Tajo en los molinos
8. 9.02.1706. AP 14133
Informe sobre los daños causados por las crecidas del Tajo y del Jarama.
9. 22.10.1706. AP 14133
Relación de los gastos para conservar los molinos y reparar los daños causados por las crecidas del río Tajo.
10. 14.07.1713. AP 14134
Informe del aparejador sobre las obras que hay que hacer para reparar los daños producidos por las crecidas de los ríos Tajo y Jarama en los puentes, casas, presas y molinos.
11. 8.12.1729. AP 14145
Necesidad de hacer obras por culpa de las crecidas del río Tajo.
12. 1730/31. AP 14147
Construcción de un bocacaz para evitar las crecidas del río Tajo.
13. 1740/47. AP 14171
Informe sobre los destrozos de las crecidas de forma especial en los puentes.
14. 10.02–03.1745. AP 14163
Daños que han causado en las tapias de las huertas las crecidas del río Tajo.
15. 26.03.1745. AP 14164
Se conceden fondos para atender a los daños causados por el desbordamiento de los ríos Tajo y Jarama.
16. 07.1745. 1462. AP
Relación de las reparaciones que deben hacerse en la margen del río Tajo y del gasto que suponen.
17. 6.10.1746. AP 14168
Reconocimiento de los daños causados por el río Tajo.
18. 1746. AP 14170
Relación de los gastos mensuales en las cañerías y depósito nuevo del agua.
19. 1746. AP 14174
Obras para proteger los campos y jardines del Real Sitio de las crecidas del río Tajo.
20. 28.01.1747. AP 14171
Relación de los gastos de las reparaciones en una parada de molinos por la crecida del río Tajo.
21. 1747. AP 14173
Relación de gastos de varias reparaciones debidas a las crecidas del río Tajo.
22. 1747. AP 14174
Obras de mejora en los caces del Real Sitio.
23. 17.07.1749. AP 14185
Plano e informe de las reparaciones necesarias por los daños causados por el río Tajo.
24. 1749. AP 14183
Reparaciones en el caz de Sotomayor.
25. 02.1755. AP 14208
Informe sobre las reparaciones en el sistema de abastecimiento de agua.
26. 16.09.1761. AP 14218
Reparaciones por los daños producidos por la crecida del río Tajo.
27. 25.09.1761. AP 14218
Reparaciones de los daños producidos en los puentes y en otros lugares a causa de los daños producidos por las avenidas del río Tajo.
28. 18.11.1761. AP 14218
Medidas para evitar los destrozos de las crecidas de los ríos Tajo y Jarama.
29. 22.01.1764. AP 14222
Reparaciones por las avenidas del río Tajo.
30. 17.02.1764. AP 14222
Reparación de los daños en la presa y los molinos de Valdajos a causa de una crecida.

31. 16.03.1771. AP 14229
Daños causados por las crecidas del río Tajo y construcciones que deben hacerse para evitar los daños de futuras crecidas.

32. 25.02.1772. AP 14230
Reparaciones de los daños causados por las crecidas de los ríos Tajo y Jarama.

33. 3.03.1772. AP 14230
Reparaciones de los daños causados por las crecidas de los ríos Tajo y Jarama.

34. 21–23.02.1777. AP 14233
Reparaciones en el puente de Barcas por las crecidas del río Tajo.

35. 03.1777. AP 14233
Coste de las reparaciones por las crecidas del río Tajo en el puente de Barcas y en la presa de Palacio.

36. 04.1777. AP 14233
Obras para evitar los daños de las crecidas.

37. 26.01.1780. AP 14235
Coste de las reparaciones derivadas de las crecidas del río Tajo.

38. 07.03.1786. AP 14242
Reparaciones por las crecidas de los ríos Tajo y Jarama.

39. 22.03.1786. AP 14242
Reparaciones por las crecidas de los ríos Tajo y Jarama y gastos de las mismas.

40. 30.10.1794. AP 14258
Reparaciones en el caz de Sotomayor.

B. Construcciones diversas

1. 12.01.1724. AP 14143
Fabricación de un pozo de nieve.

2. 11.02.1729. AP 14146
Informe de los aparejadores de las Reales Obras sobre el estado de las que están en ejecución desde el 4.12.1728 al 11.02.1729.

3. 6.04.1729. AP 14146
Informe de los aparejadores de las Reales Obras sobre el estado de las obras ejecutadas desde el 17.02 hasta el 6.04 de 1729.

4. 17.11.1733. AP 14149
Informe del estado de las obras del puente de madera y de la muralla de la isleta.

5. 5.02.1734. AP 14150
Informe sobre el estado de las obras en el puente de Piedra.

6. 19.04.1734. AP 14150
Demolición de un molino.

7. 14.10.1734. AP 14150
Informe de las obras en los jardines y diques.

8. 19.12.1734. AP 14150
Informe del estado de las obras en el Real Sitio.

9. 22.05.1736. AP 14152
Memoria sobre la sustitución de los caños que abastecen de agua a las fuentes.

10. 11.07.1739. AP 14153
Informe sobre la construcción del caz del Embocador.

11. 2.05.1744. AP 14158
Materiales para la reedificación del jardín de la Isleta y reparo de las paredes de este jardín.

12. 1744. AP 14161
Informe sobre el estado de las obras de la muralla contra el Tajo en el jardín de la Isleta.

13. 1744. AP 14161
Gastos en la reparación de la muralla del Tajo en el jardín de la Isleta.

14. 02.1746. AP 14169
Obras que se necesitan en el caz del Real Sitio y otras de fontanería.

15. 19.03.1749. AP 14169
Estado de las obras en el Real Sitio.

16. 13.12.1749. AP 14186
Dimensiones de los puentes que cruzan los diferentes cauces.

17. 29.09.1746. AP 14170
Gastos en distintas obras en el Real Sitio desde el 1.01 al 1.09 de 1746.

18. 8.03 y 23.08.1753. AP 14198
Informe sobre la situación del abastecimiento de agua al Real Sitio y del estado de las obras del mismo.

19. 8.12.1755. AP 14201
Informe sobre el estado de las cañerías de abastecimiento al Real Sitio.

20. 16.06.1761. AP 14218
Obras para preparar los terrenos para hacer los plantíos de árboles y para instalar las campanas de vidrio necesarias para cultivar en invierno.

21. 29.01.1764. AP 14222
Obras en el caz del Embocador.

22. 17.02.1764. AP 14222
Construcción de una cacera.

23. 29.02.1764. AP 14222
Aprobación del Rey para la construcción de la cacera y forma de financiarla.

24. 9.10.1774. AP Libro de acuerdos municipales. Fuentidueña
Obras en el puente del barranco de Valdondillo para prevenir las crecidas.

25. 30.01.1791. AP 14247
Gastos en las reparaciones de las obras extraordinarias en el Real Sitio en diciembre de 1790.

26. 3.03.1791. AP 14247
Gastos en las obras extraordinarias desde 1.03 al 30.04 de 1791.

27. 25.06.1791. AP 14247
Construcción de dos fuentes en la Real Botica del Real Sitio.

28. 12.07.1791. AP 14247
Gastos en las obras extraordinarias en el Real Sitio desde 1.05 al 10.07 de este año.

29. 14.09.1791. AP 14247
Gastos en obras extraordinarias en el Real Sitio desde el 17.07 al 11.09 de este año.

30. 23.10.1791. AP 14247
Gastos en obras extraordinarias en el Real Sitio desde el 18.09 al 23.10 de este año.

31. 12.11.1791. AP 14247
Gastos en obras en el Real Sitio en el mes de octubre de este año.

32. 4.12.1791. AP 14247
Gastos en obras en el Real Sitio en el mes de noviembre de este año.

33. 10.12.1791. AP 14247
Gastos en obras extraordinarias en el Real Sitio desde el 30.10 al 4.12 de este año.

34. 18.01.1792. AP 14248
Gastos en obras en el Real Sitio en el mes de diciembre de 1791.

35. 7.02.1792. AP 14248
Gastos en obras en el Real Sitio desde el 15.01 al 5.02 de este año.

36. 14.03.1792. AP 14248
Gastos en obras en el Real Sitio en el mes de febrero de este año.

37. 22.03.1792. AP 14248
Gastos en obras extraordinarias en el Real Sitio desde el 4 al 18 de marzo de este año.

38. 3.04.1792. AP 14248
Gastos en obras en el Real Sitio en el mes de marzo de este año.

39. 19.08.1792. AP 14248
Gastos en obras en el Real Sitio en el mes de julio de este año.

40. 1.07.1794. AP 14260
Construcción de una manguardia o represa en el río Tajo.

C. Materiales

1. 29.09.1744. AP 14159
Procedencia de la arena utilizada en las obras de una acequia

2. 6.06.1746. AP 14169
Relación del valor de los materiales empleados en las obras que se hicieron en el Real Sitio desde el 15.12.1745 al 31.05.1746.

3. 18.09.1791. AP 14247
Relación de gastos en materiales en el mes de agosto de este año.

4. 9.10.1791. AP 14247
Relación de gastos en materiales en el mes de septiembre de este año.

Atendiendo a esta documentación regestada, se pueden plantear varias líneas de investigación importantes para profundizar en el desarrollo del conoci-

miento de técnicas, formas, materiales, elementos, etc. relacionados con el conocimiento en la Historia de la Construcción. Los temas que esta documentación plantea son varios, pero voy a destacar aquellos que considero que pueden ser de mayor utilidad. En primer lugar los problemas técnicos a que daban lugar las crecidas de los dos ríos, Tajo y Jarama, en las proximidades de cuya confluencia estaba construido el Real Sitio de Aranjuez. Estas crecidas se debían suceder cada año y, en algunos años en varias ocasiones. Esto suponía una serie de destrucciones y de reparos necesarios con el empleo de técnicas y de materiales diversos, intentando mejorar los resultados para lograr que pudieran resistir las avenidas violentas, sobre todo del Tajo. Como esto era difícil los destrozos se producían periódicamente y, por ello, era necesario proceder a su reparo, por tanto había que desarrollar unas técnicas e intentar emplear unos materiales que impidieran estos destrozos.

Junto a las obras llevadas a cabo en la reparación de los destrozos, hay otra serie de obras que se llevaron a cabo durante el siglo XVIII en el Real Sitio de Aranjuez para favorecer las largas permanencias de la Corte en él. Los reyes Carlos III y Carlos IV promovieron una serie de actuaciones de acuerdo con su mentalidad ilustrada. En primer lugar se construyeron sus residencias y otra serie de edificaciones de placer. También se ocuparon de las construcciones relacionadas con la creación de infraestructuras hidráulicas que atendieran al abasto de todas las necesidades derivadas del carácter de Real Sitio. Y, por último, atendiendo a la documentación, velaron por desarrollar las actuaciones agrarias experimentales, con las construcciones necesarias, que Felipe II había llevado a cabo.

Además, pueden conocerse los materiales que se empleaban habitualmente y cual era su precio. Puede seguirse fácilmente el desarrollo de las obras y su gasto en algunos periodos. Junto a ello, aparecen otras construcciones interesantes como puede ser todo lo relacionado con la sierra de agua o con las campanas de vidrio para cultivar en invierno, es decir invernaderos. Toda esta documentación surgida para recoger el desarrollo de este aspecto de la vida de la Corte es documentación muy importante, aunque no haga referencia a cuestiones extraordinarias, pero está basada de forma fidedigna en la realidad social y refleja perfectamente aspectos constructivos no demasiado conocidos.

Esta documentación ayuda a conocer una vida cotidiana preocupada por las continuas crecidas del río, ante las cuales las construcciones y reparaciones en las mismas que periódicamente se hacían eran inútiles. A otro nivel puede colegirse la preocupación por buscar a expertos que informaran sobre el desarrollo y ejecución de las obras y si eran correctas las medidas que se tomaban para mejorar todas estas infraestructura.

Para acabar quiero señalar la preocupación de una monarquía por la realización y mantenimiento de una serie de construcciones, en realidad para su placer, que dieron lugar a un desarrollo técnico importante y que perfectamente puede conocerse gracias a estos documentos, en los que aparecen los problemas constructivos que se planteaban, los materiales que se utilizaban y los gastos que todo ello producía. La ventaja que ofrece el estudio del heredamiento de Aranjuez, después Real Sitio, es que junto a las informaciones que aportan los documentos escritos, también se conservan la mayor parte de las construcciones a las que en esta documentación escrita se hace referencia y pueden cotejarse ambas. Este es un método de trabajo que ofrece magníficos resultados y puede ofrecer a la Historia de la Construcción una buena vía para avanzar.

LISTA DE REFERENCIAS

Macias, J. M.; C. Segura. eds. 1998. *Agua e ingenios hidráulicos en el valle del Tajo. De Estremera a Algodor siglos XIII al XVIII.* Madrid.

Arenillas, M.; C. Díaz Guerra y R. Cortes. 1998. La presa de Ontígola. En *Agua e ingenios hidráulicos en el valle del Tajo. De Estremera a Algodor siglos XIII al XVIII.* Madrid, 95–137.

Miguel, J. C. y C. Segura. 1998. La política hidráulica de Felipe II en el heredamiento de Aranjuez. En *Madrid. Revista de Arte, Geografía e Historia*, I: 195–218.

Segura, Cristina.1982. La Orden Militar de Santiago en la provincia de Madrid en la Baja Edad Media: Las encomiendas de la Ribera del Tajo. En *Anales del Instituto de Estudios Madrileños*, XIX: 349–362.

Segura, Cristina. 1998. Aprovechamientos hidráulicos en las encomiendas de la Orden Militar de Santiago en la Ribera del Tajo. Siglos X al XV. En *Anuario de Estudios Medievales*, 28: 97–108.

Segura, Cristina. 2005. A modo de inventario de fuentes documentales de la Edad Media para la Historia de la Construcción. En *Actas del IV Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, II: 1009–1015.

Los molinos medievales en la Cataluña cristiana: estudio y evolución (ss. XI–XVI)

Assumpta Serra i Clota

En esta comunicación, se presenta la evolución de los molinos, entre los siglos XI-XVI, dado que en el siglo XI se inicia un crecimiento económico de la sociedad en general hasta el siglo XIV. Durante este período se implantó el sistema feudal como forma de relación social que interrelacionó la función política con la económica, jurídica, o cualquier fenómeno de la vida de las personas. También se desarrolló la ciudad y el sistema económico que la caracteriza como el trabajo del textil y su comercialización. Se conquistó el territorio de Cataluña hasta el Ebro y se asumió un territorio con un desarrollo económico y una infraestructura árabe.

Sin embargo en el s. XIV Cataluña, como el resto de Europa sufrió un colapso demográfico que el sistema económico feudal saturó por falta de inversión tecnológica en el mundo rural, base de la economía en esta época. Impacta la Peste Negra y las crisis causadas por las guerras, desastres climáticos y la misma crisis del sistema feudal. Será a lo largo del siglo XVI cuando se inicie la recuperación.

Unos inicios agrarios, que impulsarán la implantación del cultivo de cereales a partir del s. XII y seguirá un incipiente trabajo en la elaboración de paños. Trabajo que en el mundo agrario se mantendrá durante toda la edad media formando parte de la autarquía entre producción y consumo en los productos básicos. Será en el s. XIII cuando en el si de la sociedad rural, en los núcleos de las *sagreras* aparecieron los artesanos dedicados a una especialización como el tejedor y también será en el s. XIII cuando se desarrolla plenamente el trabajo artesanal organizado en gremios en las ciudades. La implantación del comercio y las economías monetarias favoreció la formación de grupos sociales urbanos ajenos al sector primario y consumidores de su producción. Producción alimenticia y consumidores de infraestructuras emplazadas en zona rurales como los molinos.

Dado que el tema son los molinos, éstos o bien se han seguido utilizando y por tanto han experimentado las transformaciones que tuvieron lugar en los siglos XVII o XIX, o bien desaparecieron a causa de las riadas que ya tenían lugar en aquellos siglos. Así pues, quedan pocas muestras de la época a no ser algunos correspondientes a centros importantes como torres, castillos o alguna comunidad tanto religiosa como civil. Así pues, este trabajo se basa en su mayor parte en las fuentes escritas y también en los resultados de los trabajos arqueológicos llevados a cabo en el Collsacabra y más concretamente en Rupit, centro rural muy importante en el trabajo del textil con una importante presencia de molinos de gran variedad. Uno de ellos cuenta con un *cup* natural; otro que posiblemente mantiene la estructura del s. XIII y por supuesto las señales de las presas que es la parte más visible y perdurable.

La documentación que se ha utilizado pertenece a importantes colecciones de documentos transcritos e incluso traducidos a lo largo del siglo XX y también del XXI.

El molino entre la vilae y el manso (ss. X–XI)

Cataluña, después de la conquista carolingia, organiza el espacio agrario a partir de pequeñas agrupaciones de casas llamadas *vilae*. Esta organización se estructura en unidades familiares básicas formadas por el edificio de la casa, constituido por una única habitación, el establo, un huerto y varias piezas de tierra. En este momento aparecen citados pocos molinos. También era usual la utilización de molinos manuales, como se ha podido comprobar en las excavaciones de mansos del siglo XI.

Funcionamiento

Dado que la documentación es muy parca en noticias, solamente se puede deducir que estos molinos pertenecen a familias privadas quienes dedican parte de su trabajo a moler los cereales de la comunidad. Sin embargo, la documentación de esta etapa se hace eco, mayormente de los intereses de grandes familias o personajes destacados. Un documento característico es el emitido el año 977 referido al testamento del obispo y conde de Girona Miró, quien hace entrega de bienes a la iglesia de Sant Vicenç de Besalú: «villulam quam habeo in comitatu Bisuldunense nomine Idasio et in villa de Scalis . . . molendinos vel molinarios cum caput aquis, pratis pascuaris cum suos decursis et reclosis et glevariis» (doc. 2, 20).

Las referencias documentales son bastante uniformes y con poca información. Dado que a menudo pertenecen a donaciones o ventas, lo que interesa resaltar son las partes externas que limitan el territorio. A partir de los detalles de dos documentos se podrá conseguir un mínimo de conocimiento: año 981, «molendinis vel molinariis, cum illorum chachavos et cum usibilia et cum caput aquis». (doc. 5,20) Y finalmente otro especifica, año 999 «molendina cum illorum tignis et caput aquis». (doc. 8, 20).

Así pues las partes del molino empezarían con la presa o *resclosis*, situada dentro del río y hecha de troncos de árboles, aún cuando los documentos no lo detallen. De una sola empalizada, aguantaría las *glebas* o tierra que se coloca apoyada a la presa para aguantar la presión del agua almacenada.

De la presa, por los *decursis* o declive del terreno se pasaba al *caput aquis* o entrada del agua en el molino. A partir de ahí, el agua caía en la parte inferior o *cacabo* recinto subterráneo donde se sitúa el rodete o *rodet*. Es el rodete, en esta época generalmente de madera, que traspasa el movimiento a las muelas que se encuentran en la parte superior a través de *la tigna* o árbol.

Es un molino sencillo donde no aparece ninguna mención a partes con hierro, a excepción de algunas referencias de forma genérica mayormente en la segunda mitad del siglo XI como el que se cita para el molino que se encuentra en la zona del castillo de Albió, Manresa.(doc. 873, 19).Es comprensible que así sea en cuanto el hierro fue muy preciado por su escasez, pasando en testamento los pocos utensilios que se tenia de este material.

Propiedad

Este tipo de molinos, con pocas variaciones se utilizó hasta finales del siglo XI cuando la organización de la sociedad agraria ya ha pasado de la *vilae* al manso y del poblamiento semi-agupado al disperso. Pero un hecho muy importante destacará a partir de este siglo y es la presencia de una nobleza que utilizando diversas estrategias se apoderará de todo lo que puede producir riqueza: bosque, herrerías, tierras de labranza, pastos y claro está, molinos. Tampoco habrá que menospreciar la presencia de campesinos con capacidad económica suficiente para acumular mansos y molinos.

Un ejemplo muy interesante proviene de Junqueras, ahora ya no se la denomina *vilae*, en los años 1001 y 1004 y en ambos casos, seguramente se trata del mismo molino dado que tienen los mismos límites. La importancia de los documentos radica en dos puntos: en el primer caso es un préstamo sobre la utilización del molino durante 4 días y 4 noches, con lo que indica que el molino pertenece a un grupo de personas. En el del año 1004 se traspasa la mitad. El otro punto a destacar es el receptor, Borrell en los dos casos, sacerdote y juez y los que traspasan son Ató, en el primer documento y el matrimonio formado por Geribert y Pruvícia en el segundo. Así pues, bien se puede concluir que estamos ante la presión, por parte de un miembro destacado de una comunidad para conseguir la base productiva. Estamos solamente a principios de siglo, sin embargo se está fraguando el feudalismo (docs. 104 y 113, 12).

Si bien la participación en partes de un molino podría suponer que la causa fuese la repartición de los costes, ésta no seria la única dado que la descripción de las partes de que consta el molino no varia de los detallados para el siglo X, y este fenómeno se detecta ya a principios de siglo. La razón también podría ser la participación de algunas comunidades en el seno de las *vilas* o bien la repartición entre los hijos, fenómeno éste muy arraigado en esta época, hasta la llegada del *hereu* en el siglo XII. A su vez, ya repartidos, cada hijo puede vender su parte. Las participaciones se van generalizando a lo largo de toda la Edad Media. En el año 1068 es la séptima parte y en el 1072 se vendió un día de cada seis. (docs.1321, 1345, 6)

Sin embargo el fenómeno podía ser de signo opuesto como los 5 molinos que recibió de la vizcondesa Enguncia. la iglesia de Sant Vicens de Cardona, en el momento de su fundación. Molinos que estaban situados cercanos entre ellos. También recibió un total de 4, mas dos, mas uno del obispo de Urgell (año 1039 doc. 30; año1040, doc. 33, 8). A partir de este momento, la iglesia recibirá molinos por compras o incluso donaciones que hacen dudar de su autenticidad, por parte de familias campesinas.(docs. 361, 390, 608, 5).

Forma constructiva del edificio

En el siglo XI, los mansos o casas campesinas, buscaron el emplazamiento en la laderas y partes superiores de las montañas. A menudo aprovechaban cavidades o grandes rocas como parte de las paredes de la propia casa. Unas veces, la documentación nos informa de que los molinos también se construían en estos lugares.

Un buen ejemplo lo encontramos en la venta, por parte de Undiclo y su mujer al monasterio de Sant Pere de Casseres, en el año 1023, del molino y la mitad de las molturas y aparejos. Está situado en la parroquia de St. Martí o *en la mateixa espluga*, especifica el documento, limitando con la misma roca. Otro ejemplo lo encontramos en Gurb, los dos en Osona, provincia de Barcelona: «vindimus tibi in molino rochario».Sin embargo es más frecuente que sea el molinero quien viva en la cueva, cuando en estos siglos el molino y el habitáculo del molinero son distintos.

El despegue del molino: de cereales y de paños (ss. XII–XIII)

En Cataluña, en el siglo XII habrá que diferenciar varias zonas: la perteneciente a la Cataluña *Vieja*, la zona de frontera o zona susceptible de *ratzias* musulmanas como la parte del Vallés o el Bages y l'Anoia y por último las tierras recién conquistadas de Lleida y Tortosa.

El siglo XII se presenta como una etapa de gran desarrollo que se irá manifestando a lo largo de todo el siglo:

- En el sector agrario con un aumento considerable del cultivo de cereales;
- Desarrollo en la formación de ciudades, desarrollo en un comercio que culminará en el siglo XIII.

Se entiende que así fue cuando se implantó el feudalismo con la capacidad, por parte de los dirigentes, militares y eclesiásticos, de usurpar los excedentes económicos procedentes del trabajo campesino. Aún cuando los campesinos viviesen en la penuria, la presión señorial se movía en el equilibrio de dejarles los suficientes recursos para conseguir los mencionados excedentes.

Funcionamiento

En relación al molino, será en este siglo cuando aparece por primera vez la mención al batan, o al molino de aceite, a parte del molino de cereales con mejoras en su funcionamiento.

Una de las novedades más notorias son las canalizaciones que son más largas si se tiene en cuenta que en su recorrido sus aguas pueden ser desviadas por más de un molino y también utilizadas para el riego. El molino del siglo XI se ubicaba en una zona relativamente concentrada.

Hasta este momento pocas noticias han trascendido sobre el funcionamiento interno del molino del siglo XII. La novedad de este siglo la aporta un documento perteneciente a la zona de Urgell donde se hace constar la parte concreta del hierro del molino: «in roda et in natillias» año 1137 (doc 1463, 13). La *nadilia* es la parte de hierro de todo el engranaje del molino. Seguramente que en los molinos anteriores

estaba formado por elementos fabricados en maderas, tal como solía ser frecuente para los utensilios agrarios, inclusive el arado. Aún habrá que esperar al siglo XIII para que el hierro entre a formar parte del material destinado a utensilios diversos destinados al trabajo del campo. El funcionamiento sigue siendo el mismo pero ahora la mola superior se encuentra sujetada por la *nadilla* al árbol o *tigna* por un hierro lo que daría mayor estabilidad.

Coincidiendo con una mención documental perteneciente al s. XIII y la mención del *molí vell* en referencia al arroyuelo del Crous en Tavertet, se describirán las señales de una presa y posiblemente a un molino que se encuentran en el río de Baumadestral, todo localizado en la parte superior del Collsacabra perteneciente a esta etapa. Un conjunto de 12 hoyos emplazados dentro del lecho del río y suben por la roca natural. Estos hoyos siguen la lógica de una presa: uno mayor está sustentado por otro de dimensiones menores y situados en planos distintos. Las medidas de los mayores oscilan entre los 19 × 19 cm, los que se encuentran dentro del río y 15 × 15 o 16 × 16 cm, los que canalizan el agua. Los pequeños, varían entre 11 × 13 los del río y 9 × 9 o 10 × 11 cm, los demás.

Todos estos agujeros tienen la finalidad de canalizar el agua y dirigirla hacia un *pozo* situado también en la mitad del río. De forma ligeramente triangular en su parte interna, dibuja un círculo de 90 cm de profundidad y unos 80 cm aprox. de diámetro. Las paredes que lo forman son bastante verticales.

Una posible interpretación podría ser que se trataba de una rueda vertical sustentada por un soporte de madera situado en el agujero que se encuentra en la parte delantera como puede apreciarse en la fotografía. Faltarían las señales del obrador que podría estar situado en la parte exterior de la ribera del riachuelo.

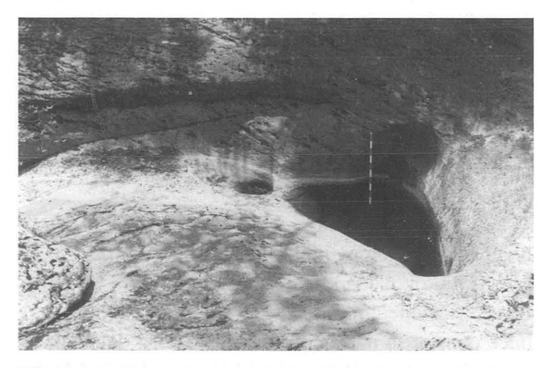


Figura 1
Señales de un posible molino del s. XIII. (Baumadestral, Collsacabra)

Propiedad

Las órdenes monásticas fueron grandes impulsoras en las construcciones de infraestructuras destinadas a la producción y por tanto de los molinos. Unas veces para conseguir las rentas y otras, como los benedictinos para beneficiarse en el propio trabajo. Es notable la cantidad de molinos que tenia el monasterio de Poblet repartidos entre la Conca de Barberà, el Camp de Tarragona, el Segrià, la Noguera, la Segarra y el Berguedà

Incluso el conde Ramón Berenguer participó activamente en la implantación de los molinos. Su forma de actuar consistía en dar unos terrenos donde construir los molinos. Se llegaba a una sociedad con instituciones o personajes destacados los cuales corrían con las cuentas de la construcción. Una vez finalizada se repartían los molinos y el conde aceptaba pagar los costes del mantenimiento. Tal era el precio en que se valoraban los molinos que en el año 1114, el conde no dudó en pedir un préstamo de 100 *morabetinos* de oro puro, por dos molinos que tenia en el Besos, para ayudar a la expedición a Mallorca. En el año 1148 volvemos a tener noticias del permiso que otorga para que construyan molinos en su casal, junto a los molinos nuevos (docs. 1581 y 1641, 19). Esta forma de actuar la repiten los monjes de Poblet y los del Templo de Gardeny

En este momento se generaliza la posesión de molinos por parte de los señores feudales quienes obligan a los campesinos de los territorios dominados por ellos, a utilizar solamente su molino y pagar por su uso. Un ejemplo completo nos lo proporciona el monasterio de Sant Daniel de Girona. Del año 1169 nos ha llegado el conjunto de prestaciones que deben los habitantes del pueblo de Salt: «de septem partibus que fiebant de ipsa multura, duas partes, et quinque partes accipiebant laboratores, et de quinta parte dabant laboratores pro censu annuatim Sancto Danieli arietem unum ad festum Pasche cum suo vellere, et erat unius anni, et ad festum beati Cucufatis dabant unam fugaciam bonam frumenti . . . et mediam quarteriam cibarie et mediam quarteriam boni vini pro

unoquoque molendino». Luego sigue una parte dedicada a los molineros: «et si forte non molerint in die nisi duos saccos magnos vel parvos ordei vel frumenti, accipiant laboratores propane ad moledors unum partidor» (doc. 59, 3). Así, por día trabajado se les daba un pan, pero si no se trabajaba una cantidad determinada se les daba una fracción del pan.

En el territorio conocido como la Cataluña *Vieja* tuvo lugar un salto cuantitativo en el siglo XII en relación a la cantidad de molinos construidos, debido al gran impulso que experimentó el cultivo de cereales. A partir de este momento, un mismo edificio podrá albergar tres, cuatro e incluso cinco molinos. Así por ejemplo, el mismo rey Alfons I, en el año1188 pidió que se construyera un casal para albergar doce molinos.

También se percibe este aumento en las citas de los límites en muchos molinos donde figuran partes de infraestructuras correspondientes a otros molinos como la presa o alguna canalización. Tal fue la avalancha, que se desataron conflictos por la posesión del agua debido a que un molino podía acaparar el agua de otros. En relación a esta situación, en dos documentos distintos se hace mención a la obligación de devolver el agua al molino, sin que haya podido entender cual seria el tipo de trabajo a que alude. Era bastante frecuente que el agua fuese utilizada para el riego después de pasar por el molino, quizás la intención del contenido de estos documentos sea que devuelvan toda el agua al río para ser utilizada para el molino siguiente. Sin embargo no se entiende cual seria la función del hombre que se hace referencia.

El primero de los documentos del año 1143 muestra como protagonista de este empeño al mismo conde Ramón Berenguer. El documento ya traducido, dice «Dexa enviar un home per tornar la aigua als molins, aixís com ho practicaben los demés moliners» (doc. 240,16).

Pocos años más tarde, en un testamento del año 1153, se alude a varios molinos que pasan de padre a hijos de forma particular. Debido a que todos están en el mismo tramo del río, se vuelve a dejar constancia de que el agua debe volver a los molinos: «(a Petrus) molendinum suum subteriorem de Palatio . . . et accipiat aquam ad pisos cacavars de serrioribus molendinis filii sui Berengario . . . et quod Berengarius filius suis et sui tornent ipsam aquam ad molendinos . . . Et mandavit ut omnes filii sui et filie sue riguent de aqua ipsorum molendinorum et advenit aquam tornare in fractione resclosarum de hominibus» (doc. 285,16).

Las referencias a los problemas derivados del desvío de agua para los molinos y que luego es utilizada para regar son constantes en este siglo. En los molinos de Montmell, en el año 1151, después de dejar claro que no se pueden desviar las aguas, incluso se pretende construir una fortaleza (doc. 1671,19).

Fue en el siglo XII cuando se conquistaron las tierras de Lleida, Balaguer o la zona del Segre. En estas tierras habitadas por los musulmanes, la infraestructura de regadío o utilización del agua estaba muy desarrollada. Acequias o canales permiten diferenciar las tierras de regadío de las de secano.

Igualmente es en esta zona donde se encuentra el mayor número de referencias a molinos de batan e incluso uno de aceite También se diferencian entre molinos *totellariis* o *rotarium*. Un ejemplo está en la donación del año1194 en la cual rey Alfonso I otorga a la orden del Temple, tierras cercanas a la ciudad de Lleida para que se construyan molinos, de cereales y para paños (doc. 646 y 644, 2 vol. II).

Al igual como sucede en las demás zonas, la fiebre constructiva de nuevos molinos fue causa de conflictos entre vecinos llegando a emitirse sanciones para regular el agua. Uno muy interesante se declaró en el año 1173 interviniendo en el conflicto un molino batan. La sentencia favoreció claramente a este molino que pertenecía a Bernardo de Valseguer: «habeant aquam ad ipsum molendinum ad sufficienciam semper . . . Si vero aqua de cequia venerit tam pauca quod molinum de Bernardo de Valseguer habeat totam, ad abastament de ipso molendino, et quando creverit ipsa aqua quod de las sobres habeant duo molendini iamdicti de Raimundo Garber et de uxore sua et de Wilelmo de Pareds Altas aquam sufficienciam, sine enganno» (doc. 235, 2, vol. 1).

A cambio de la ayuda prestada por las órdenes militares, éstas recibieron importantes posesiones. Las transacciones operadas por estas comunidades, recogidas en colecciones documentales permiten conocer los movimientos económicos sobre estos bienes así como su funcionamiento. Un ejemplo de la envergadura lo encontramos en el año 1194 cuando los monjes del Temple de Gardeny conceden a Ramón y su esposa Bernarda un lugar, situado cerca del río Segre donde se podrán construir tantos molinos como quepan (doc. 631,2).

Forma constructiva del edificio

Sin embargo, el edificio donde se alberga el molino es una construcción débil por cuanto fácilmente se derrumba a causa de tormentas o lluvias intensas. El nombre que recibe es el de *casal*, cuando a los edificios que forman el manso, a partir del siglo XII se les conoce como *domus*. Evidentemente estos dos nombres evocan dos realidades bien distintas. Aún cuando el documento pertenece al año 1200, puede considerarse que el edificio estaba construido en el s. XII y entre las partes del molino figura: «et vernetis et ramatiis et solis et superpositis». El conjunto de este escrito nos sitúa en un edificio que tiene el suelo y la cubierta: *solo et superposito*. Y *ramatiis*, indica una cubierta de brancales, siendo *vernetis* una especie de planta (doc. 52,10).

La sencillez de estos edificios queda de manifiesto también cuando fue el mismo conde Ramón Berenguer quien sufrió las consecuencias de las lluvias. En el año 1131, aturdido por el dolor, enfatiza el documento, entrega a la catedral de Barcelona los molinos que tiene en el río Besós. Será en el año 1135 cuando se deja constancia de que estos molinos están en ruinas a causa de las lluvias. Por esta razón se quieren recuperar y en la reedificación habrá que construir una torre de piedra y cal (doc. 1443,19).

Por otras circunstancias, en el año 1140 también se construyó una torre en la zona donde se encontraba un molino en Sant Pere de Rubí. En este caso la causa es el miedo a las posibles *ratzias* de los musulmanes, que perduraron hasta este siglo. El documento ya traducido: «i fer-hi cases ab cortal y torre ab que puga l'home defensar-se bé del sarrahí» (doc. 1508,19).

Se puede considerar que el edificio del molino mayormente estaba construido como un recinto de una sola nave de dos alturas ente la zona de las muelas y la del agua. Teniendo en cuenta las pocas referencias a la *domus* en relación al molino directamente éstas podrían corresponderse a edificios construidos según el sistema del románico. Sin embargo, en mayor medida, la defensa y robustez de la construcción se debía a la torre que se construía a su lado o incluso al recinto fortificado donde se encontraban: «molendinos suos de Turre et ipsas domos quis ibi sunt» (doc. 285,16).

S. XIII

La situación económica del siglo XIII presenta una bipolarización. Aún cuando la mayoría de la población continua viviendo del sector agrario y ganadero, las ciudades marcan la importancia del trabajo artesanal, el comercio e incluso las inversiones monetarias. Si el siglo XII se caracterizó por el aumento de las construcciones de molinos, el siglo XIII aumentó e incluso se mejoró en la construcción del edificio.

Justamente en el año 1202 el obispo de Barcelona da en contrato de enfiteusis a un grupo de personas el terreno para poder construir seis *casales* de molinos y poder edificar dos en cada uno, que contengan canal, *cap-rec*, presa, *glebas*, aguas y acueductos. Como puede apreciarse es una obra gigantesca, 12 molinos de una tirada y en el mismo lugar. Pero para hacerse a la idea de cómo se construirán vale la pena fijarse en el grupo: Ramón de Cazma, Arnau Ballester, Arnau Marcó, Marcó *picapedrers* y su hermano y Vives *fabre* y su descendencia.. Y un herrero especialista para las partes del hierro (doc. 2353,19)

Forma constructiva del edificio

En relación a la construcción, el siglo conllevará la introducción de un nuevo estilo arquitectónico conocido con el nombre de gótico. Sus características diferenciadas del románico es la esbeltez de los edificios con grandes ventanales. Es decir, el edificio gana en altura y ligereza. Para conseguirlo se introduce el arco ojival y los contrafuertes. Si estas características las encontramos de forma modélica en los edificios religiosos, como las catedrales, en los palacios, también se construyen salas con grandes espacios. Sin embargo el concepto que conlleva esta forma constructiva ha calado en la sociedad y en cada edificio se reflejan estos cambios. Para los pequeños edificios, destinados a vivienda de los campesinos o artesanos, se introducen igualmente estos espacios, pero en este caso se podrán construir gracias a la introducción de forma generalizada de la cal para conseguir una argamasa y construir paredes más ligeras.

El edificio que alberga el molino ha experimentado una gran mejora. La misma documentación se hace eco de la novedad. En el primer documento se hacía referencia a la intervención de un grupo de *pica pedrers* lo que significa que se construían grandes edifi-

cios de piedra picada. Y en el documento del año 1278 también se hace mención a la *domus* dedicada a parte del molino. Repite la misma edificación la referencia a la construcción de, *domus de molendinis* perteneciente al s. XIII en la zona del Moianés (Planes, 284–288). Seguramente se corresponde a esta referencia la construcción que aún se conserva en la planta baja de la casa defensiva conocida como *Dels Molins* o Castellnou de la Plana en Moià. Bóveda y arcos apuntados, muestran las características del primer gótico correspondiente a los siglos XIII y XIV.

Impresionante es el molino conocido como *El molí de la Volta* que junto con el *Molí Xic* forman el conjunto *Els Molins de la Vila*. Eran dos molinos harineros construidos por el *Común del pueblo de Montblanc* entre finales del siglo XIII y principios del siglo XIV. *El molí de la Volta* es un edificio defensivo con cuatro aspilleras alargadas en el primer piso. Formado por una sala rectangular, de 11,10 × 8 m, albergaba cuatro molinos. Como en el caso del molino anterior, la planta está cubierta por bóveda apuntada y piedras regulares. También conserva los cacaos o pozos de forma circular y también cubiertos con arcos apuntados.

Finalmente, Albió, que perteneció a los Templarios y Hospitalarios, conserva un molino construido en el s. XIII. Edificio de constitución defensiva, el espacio dedicado a las muelas presenta una bóveda apuntada. Sus dimensiones son 4,5 × 7,5 m. Contenía solamente un molino.

Sin embargo continuaba la inseguridad como queda de manifiesto en una venta del año 1233 de un molino por un período de 5 años. Después de acordar las condiciones se considera que: «et si dictum molendinum cessaverit vel destruetur pro aquis magnis vel rieriis» (doc. 252, 18).

Funcionamiento

La cal permitirá la construcción de presas de piedras: «totam ipsam resclausam cum petris et calse et cum . . . et pilars ipsius molendini bene» (doc. 2404, 18 vol. II)

Aún cuando en el siglo XIII tomó un gran auge la elaboración de cal para obtener el mortero, las presas continuaban con los troncos de árboles. Generalmente se considera que son más antiguos, anteriores al s. XIII, aquellas señales de forma redondeada dado que pertenecen a la forma del árbol, mientras que a partir del siglo XIV las señales pasan a ser cuadradas y de mayor cavidad debido a la manipulación del árbol.

Del siglo XIII contamos con una pequeña colección de 5 documentos referidos a la *resclosa* o presa. Se trata de unos molinos pertenecientes al monasterio de Santa Maria de Roca Rossa del 1216:

- «illam scilicet resclosam de ipso vestro molendino . . . t, cum omnibus suis lignariis et ramariis et glebariis et mudis atque remudis, et cum omni suo adampramento quantum necesse erit ad predictam resclosam» (doc 53,10).
- Si se quiere cambiar de lugar la presa puede hacerse: «Et si volueritis eam mutare, mutaretis duas brazas inferius vel superius» (doc. 53, 10).
- Seleccionan qué tipo de árboles se pueden utilizar y cuáles no, como los árboles fruteros.
- «Et ego Iohannis prior et mei successores faciamus ibi unam chataractaram[1] et unum exarnador in qualicumque loco voluerimus, et regum excurare tempore pluviarum et predictam cataractaram ascendere» (doc. 54, 10)
- «et quod vestra molendina semper habeant saltum de quatuordecim palmorum et quod vos et vestris non possitis regum molendinorum fodere profundis nisi prout hodie» (doc. 55,10).

También ahora se difundirán los molinos conocidos como *tholeer* y el *rotarium* en relación al funcionamiento. Los pertenecientes al año 1218 se encuentran en el río Cardener y en la parte superior de una *rotaria*: «ubi faciatis mollendinos tholeers duos vel tres vel quantos volueritis» (doc. 326, 8) Los autores que han estudiado este tipo de molinos no han llegado a ninguna conclusión sobre las características del molino *tholeer*, debido a que la documentación no aporta ninguna noticia. En relación al molino «rotario» indica que es un molino de rueda. En este caso el documento añade que un poco más abajo se encuentra una «rotaria». Es posible que sea una rueda vertical. Sin embargo no disponemos de ninguna descripción que permita saber cuando se trata de un molino con rueda vertical u horizontal Terry S. Reynols considera que la novedad será la introducción del molino de rueda vertical, más complejo y por tanto de propiedad señorial. I. González Tascon (p. 285) también considera que en el s. XIII existían estos molinos. Finalmente, J. Fernández considera

posible que todos los molinos de paños fuesen de rueda vertical, pero no todos los molinos de rueda vertical eran de paños (Planas 175).

Muy interesante es la mención a un molino de madera en el año 1333 en Andorra: «et cuidam sarraterie fustee molendine quam ipse habet in nemore de Lesio» (doc. 22, 7).

En relación a las partes internas o de la maquinaria del molino sabemos que en el año 1269 en el río Llierca había un molino compuesto por: «molis et ferradura et rego et cabias et reclosis et resclosariis et aquaductibus et reductibus et cloachis et glebis et glebariis et lignis et sarpis» (xarpis) o bien en el 1278 «cum ingressibus et regressibus suis et cum domo, rotis, ferris, bassa, riguo et subriguo, resclausa et capresclausa, ex aguador et desteladors». Ejemplos muy parecidos se repiten entre los molinos del monasterio de Santa María de Amer en los años 1244 y 1281 (docs. 111 y 161, 9). La novedad está en la *bassa* y los *desteladors* que se analizarán en el próximo apartado. A partir de este momento queda claro que en cada molino trabaja un molinero.

Ss. XIV y XV: marcados por la crisis

Anteriormente se ha hecho referencia a las causas de la crisis que se desarrolló entre los siglos XIV y XV. Una crisis del sistema feudal que conllevó una violencia entre todos los sectores de la sociedad. Señores contra campesinos, señores contra otros señores, campesinos contra sus señores e inclusos entre campesinos por pertenecer a bandos distintos. Y todo ello culminó con una guerra civil a finales del s. XV. Esta situación se plasmó en destrucciones de mansos, robos de animales y por tanto también destrucción de molinos. La documentación se hace eco de esta situación.

Propiedad

Una consecuencia inmediata fue un aumento de la presión señorial. Pero no será solamente señorial sino también monárquica. El año 1322 Jaime II desoyó la petición de los vecinos del pueblo de Caldes de Malavella para poder moler sus cereales en un molino de su pueblo y no tener que hacerlo en uno de la ciudad de Gerona situada a unos 24 km (doc. 67,17).

Funcionamiento

Si en el siglo XIII teníamos la explicación de cómo debía ser el desnivel del agua, es en el s. XIV cuando, tanto a nivel bibliográfico como en la documentación aparece por primera vez la referencia al *cup*.

También es de esta época el molino: *Molí del Rodó* perteneciente a Rupit, (Osona) y trabajado en la campaña de prospecciones arqueológicas de los años1986 a 1995. Actualmente aún perduran partes del molino a pesar de la destrucción por el desbordamiento del 1940. Es un molino formado por una gran presa, el *cup* o cubo, una cascada y la casa-obrador del molino en la parte baja de la cascada. El cubo está formado por un gran pozo natural, en parte excavado en la roca natural. Su altura es la misma del desnivel entre la presa hasta el obrador.

A partir de la segunda mitad del siglo XV consta como el monasterio de Poblet hace una importante inversión en molinos dedicando 19.000 sueldos. Sin embargo era necesario rehabilitarlos antes de que funcionaran. Era menester trabajar en la *peixera* y en los *estelladors* que era la parte que giraba para dirigir el agua al molino o al río. Según cálculos de A. Altisen una vez en funcionamiento, se calculó que darían unos beneficios de dos a tres mil sueldos anuales.

Referencias a molinos de batan se encuentran en zonas rurales donde los molinos son mayormente señoriales y como en Torelló, donde en el año 1455 consta un contrato de un molino de cereales y de paños. En este caso se tienen que poner apunto los *lavadors* forrar la *masa* y la presa. De la misma zona, en el río Ter se encuentran otros molinos, que se destruyeron en el año 1498 a causa de las lluvias.



Figura 2
Interior del *Molí del Rodó* (s. XV, Rupit)

Forma constructiva de la casa del molinero

Un inventario procedente de un molino de Rupit del año 1479 muestra un edificio muy sencillo constituido solamente por dos habitaciones: la entrada y la cocina. Dado que en la cocina se encontraba todo la necesario para la vivienda con su cama, la entrada se utilizaba para recibir a los clientes. La fotografía que acompaña este escrito muestra claramente un tipo de vivienda como la del inventario, perteneciendo todo al mismo lugar, Rupit.

S. XVI. La recuperación económica y demográfica

La documentación, a medida que avanzan las centurias es más explícita en detalles y explicaciones. Esta documentación se encuentra recogida en el libro de F. Solà.

Cataluña, después de la gran crisis habida entre los siglos XIV y XV, enmarcadas como en el resto de Europa, en la crisis del sistema feudal, se recuperó de forma muy lenta a lo largo del siglo XVI. La ruralización del trabajo del textil fue una de las salidas a esta crisis. Sin embargo, la presencia de molinos dedicados a los paños fue una característica de la etapa medieval, dado que la construcción de molinos tenía que ser en lugares con importante presencia de agua y por tanto lo más propio era fuera del territorio urbanístico. Molinos dedicados a este trabajo, hemos visto como ya se cuentan a partir del siglo XII. Fue en este momento cuando se introdujo, de forma notable los paños trabajados por los campesinos que al ser de calidad menor y competían con los realizados por los artesanos organizados en gremios y de precios más elevados. En Cataluña, este fenómeno fue el inicio de la gran manufactura del textil esparcida por el territorio, tanto en núcleos pequeños como medianos. El *peraire* formaba parte de la cadena manufacturera dedicado al trabajo en el molino. Sin embargo habrá que esperar al siglo XVII para la gran transformación del molino.[2]

En la descripción de un molino dedicado a los cereales del 1527 se especifican claramente como debe ser la presa que continua siendo de madera. Por primera vez pide que debe ser doble, seguramente cansados ya de los problemas que tendrían por las grandes lluvias: «he lla resclosa he rec: . . . dita resclosa sera doble, segons està la de Montesquiu, exceptat que la caxa no ha de tenir sino tres pams, nets de ample, y fara los clots de un palm y mig de pregon ab la amplaria sera mester y apres posara les coyeres y les bigues y seran menester y les clavara y posara be y degudament».Una muestra se encuentra en la presa del *Molí del Rodó* antes mencionado; como puede apreciarse en la fotografía es una presa de doble hilada. Los hoyos grandes son cuadrados de unos 24 × 24 cm o 22 × 22 cm, y entre 14 o 15 cm de profundidad. Entre ellos mantienen una distancia aproximada de 93 a 100 cm. A unos 58 a 66 cm. Se encuentra otra serie de hoyos más pequeños de unos 15–16 cm. de lado por 10 cm de profundidad, aunque ésta es desigual dado que el palo estaba inclinado para hacer de suporte.

En una sentencia del 1546 consta la presencia de *mestre de molins*, lo que indica la especialización de personas en la puesta a punto del molino.

Entre los dos documentos de los años 1567 y del 1577 sabemos que un molino dedicado a los cereales constaba de «mola, collferro y nadia..; arbre, roda,. rodet del molí fariner, collferro y moles»

Aún cuando no tenemos los datos pormenorizados de las partes del molino, con las que se tienen se pue-

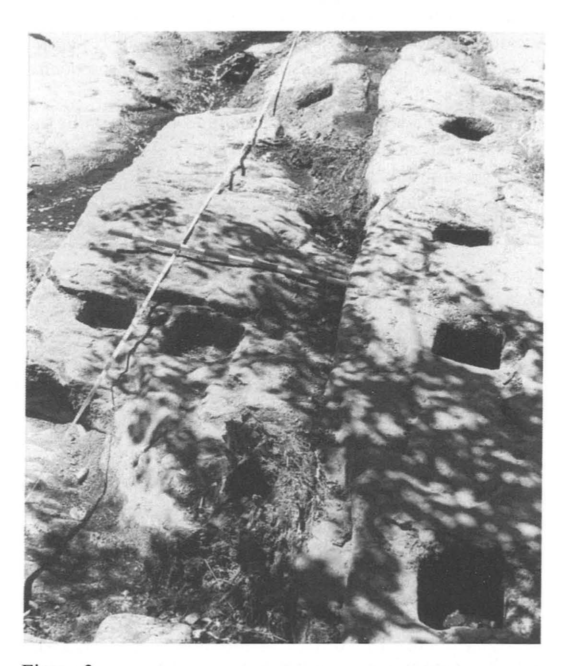


Figura 3
Señales de la presa de doble hilada del *Molí del Rodó*

de reconstruir su funcionamiento: El agua recogida por la presa pasa a través de la canalización al *cup*, que puede ser el final de la balsa o bien el *cup* solo excavado en la propia roca. Con la fuerza en que cae, una vez abierto el *estallador,* sobre el *rodet* el cual transmite el movimiento giratorio a un eje vertical o *arbre*. De esta forma empezaba a girar la mola superior, sujetada por la *nadilla* al *collferro* que estaba clavado al *arbre.*

Mientras que el dedicado al trabajo de los paños: «dos tribes, un gran i l'altre petit, dos pics, un martell gros i altra ferramenta; . . . arbre, roda noc,[3] strepa, capsals, maces». Hasta este momento no se había encontrado ningún documento que detallara las partes del molino dedicado a los paños. Entre las partes que aporta el documento del s. XV: *lavadors* forrar la masa y la prensa, se puede apreciar claramente que su función era triturar y presionar sobre los paños (p. 397, 5).

Notas

1. Según el diccionario Alcover-Moll *cataracta* puede ser una catarata y por tanto un salto de agua o bien podría ser otra forma de nombra a la presa. Dado que en estos documentos se utiliza claramente la palabra *resclosa,* se considera que *cataractaram* se refiere a una pequeña catarata.
2. A partir de la excavación del molino de Can Batlle en Vallirana, se ha podido reconstruir las etapas posteriores a su instalación en el s. XV. Es en el s. XVII cuando experimentó una ampliación y será en el XIX cuando pasa a ser preindustrial. Excavación de J. Amigó y X. Fierro.
3. En el molino dedicado a los paños el *noc* son dos grandes mazas que movidas por la fuerza hidráulica baten las telas para darles consistencia. Y en el molino de cereales el *noc* es el agujero por donde sale el agua del molino después de ser utilizada

Lista de referencias

Documentos

Un grupo numeroso han estado editados por la Fundació Noguera (F. N.).

Capbreu primer de Bertran acòlit notari de Terrassa, 1237–1242. 2vols. Ed. Puig i Ustrell, P. F.N, Barcelona, 1992.

Col·lecció diplomàtica de la Casa del Temple de Gardeny (1070–1200), 2 vols. Estudio y edi. Sarobe i Huesca, R. F.N, Barcelona, 1998.

Col·lecció diplomàtica de Sant Daniel de Girona (924–1300). Estudio y ed. Marqués, J.M. F.N, Barcelona, 1997.

Diplomatari d'Alguaire i el seu monestir santjoanista, de 1076 a 1244. Estudio y ed. Arturo i Perucho, J. F.N, Barcelona, 1999.

Diplomatari de l'Arxiu Diocesà de Solsona (1101–1200), 2 vols. Estudio y ed. de Bach i Riu, A. F.N, Barcelona 2002.+

Diplomatari de la Catedral de Vic, Segle XI, 3 vols. Ed. Ordeig i Mata, R. Publicacions del Patronat d'estudis osonencs, Vic, 2005.

Diplomatari de la vall d'Andorra S. XIV, Ed. Baiges, I.J; Fages, M. Andorra1993.

Diplomatari de la vila de Cardona (anys 966–1276), Estudio y ed. Galera i Pedrosa, A. F. N, Barcelona, 1998.

Diplomatari de Santa Maria d'Amer, per Pruenca, E.(+) Ed. Marqués, J. M. F. N, Barcelona, 1995.

El Cartoral de Santa Mª. De Roca Rossa, Ed. Pons Guri, J. M. F. N, Barcelona, 1984.

El manual de Joan de Cabreny (1385–1386). Ed. Coll i Font, C; Cazeneuve i Descarrega, X; Hernando i Delgado, J. F.N, Barcelona, 1999.

El monestir de Sant Llorenç del Munt sobre Terrassa. Diplomatari dels segles X i XI, 2 vols. Estudio y edi. de Pere Puig i Ustrell, F. N, Barcelona, 1995.

Els documents del s. XII conservats a l'arxiu capitular de la Seu d'Urgell, «Urgellia», vol. IX, ed. Baraut, C.

Els pergamins de l'Arxiu Comtal de Barcelona de Ramon Borrell a Ramon Berenguer I. 3 vols. Estudio y ed., Feliu i Josep, G; Salrach, J. M. (dirs.); Arnall, M. J.; Baiges I. J. (coords); Benito, P; Conde R.; Farías, V; To, LL. F. N, Barcelona, 1999.

Escriptures de Santa Mª. De Vilabertran (968–1300), Estudio y ed. Marqués, J.M., Monagrafies Empordanense, 1, 1995.

L'arxiu antic de Sta. Anna de Barcelona del 942 al 1200, 3 vols. Ed. Arturo i Perucho, Barcelona, 1985.

Llibre verd de la ciutat de Girona (1144–1533). Ed. Guillere, Ch. F.N, Barcelona 2000.

Manual primer de l'Arxiu de la Cúria Fumada de Vic (1230–1233). 2vols. Edi. Ginebra i Molins, R. F. N, Barcelona, 1998.

Notes històriques del bisbat de Barcelona, Edición Mas, J. Pbre. Vol. XI, Tercera part. Barcelona 1915.

Un cartoral de la canónica agustiniana de Santa Maria del castell de Besalú (segles X–XV), Ed: Pons i Hurí, J. M.; Palou i Miquel, H. F.N, Barcelona 2002.

Fuentes secundarias

Altisent, A. 1974. *Història de Poble,* 68 y 381–384. Ed. Abadia de Poblet.

Barceló, M. 1988. «La arqueología extensiva y el estudio de la creación del espacio rural». En *Arqueología medieval. En las afueras del medievalismo,* 230–243. Ed. Barcelona.

Bolós, J. 2004. *Els orígens medievals del paistge català,* 363–388. Ed. Publicacions de l'Abadia de Montserrat.

Donat, L. Solà, X. 2003. *Els molins.* Girona: Diputació de Girona, Caixa de Girona.

Gonzàlez Tascón, I. 1992. *Fábricas hidráulicas españolas,* cap. 2 y 5. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Martí, R. 1988. «Hacia una arqueología hidráulica. La génesis del molino feudal en Cataluña» En *Arqueología medieval. En las afueras del medievalismo,* 165–194.

Planes, R. 2003. «Els molins i altres indústries». En *L'Art Gòtic a Catalunya,* Enciclopèdia Catalana, vol. III, 284–288. Barcelona.

Solà, F. 1947. *Història de Torelló,* 462–465. Barcelona.

València, E, Escudé J. Martos J. Mª. y Casal J. 1994. «Moles, molins i moliners». En *Butlletí n. 19 del Centre d'Estudis de la Terra Alta.*

Vicedo, E. (ed.). 2000. *Terra, aigua, societat i conflicte a la Catalunya occidental* Lleida: Pagès.

Ingeniería y construcción en las murallas de Valencia en el siglo XIV

Amadeo Serra Desfilis

Cuando fue ocupada oficialmente por Jaime I y sus tropas el 9 de octubre de 1238, Valencia era una ciudad de neta impronta islámica en su configuración urbanística y en el uso de sus espacios públicos y privados. En torno al recinto amurallado o «medina» habían crecido algunos arrabales con función residencial y artesanal como la Boatella, Roteros, la Xerea y otro, más reducido, entre las puertas de la Calderería y *bab-al-Hanax* en el sector occidental. Todo este ámbito urbano y la huerta que lo rodeaba con sus alquerías fueron repartidos y ocupados por los nuevos colonos cristianos entre los siglos XIII y XIV a lo largo de un proceso largo y articulado en varios aspectos, tales como los cambios en el parcelario residencial, la instalación de nuevas fundaciones religiosas (parroquias y conventos, principalmente) y la implantación de nuevos centros de poder en el palacio episcopal, la curia o sede del gobierno local y la residencia del rey en el Real extramuros. Lentamente, la población cristiana debió de crecer y sobre todo el flujo de inmigrantes aumentó, de modo que hacia la mitad del siglo XIV el aumento demográfico se dejó sentir en la expansión del área urbana y las necesidades defensivas justificaron la construcción de un nuevo recinto amurallado.[1] El presente estudio examina el proceso constructivo de las murallas de Valencia a través de fuentes documentales y algunos restos arqueológicos en un periodo de unos cien años, desde el principio del siglo XIV hasta la reconstrucción del frente septentrional del recinto amurallado frente al cauce del Turia a principios del siglo XV, tomando como base los registros del Archivo Histórico Municipal. Un fenómeno de larga duración como es la edificación y el mantenimiento del sistema de defensa de la ciudad se contempla también así en el proceso cotidiano de toma de decisiones y en los esfuerzos técnicos y administrativos empleados en un gran proyecto urbanístico de la Valencia medieval.[2]

Crecimiento de la población y expansión urbana

Las viviendas musulmanas, repartidas entre los colonos cristianos, fueron poco a poco sustituidas por ca-

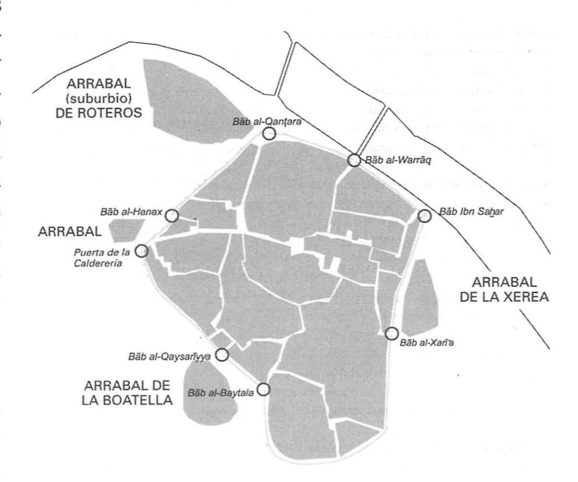


Figura 1
La ciudad de Valencia y sus arrabales tras la conquista cristiana de 1238

sas convenientes para el tipo de familia nuclear de la nueva sociedad y adecuadas al sistema de jerarquías sociales y económicas de ésta (Pascual *et al.* 1990). El proceso es por ahora mejor conocido desde el punto de vista arqueológico que documental, aunque el *Llibre del Repartiment* y los registros notariales de las propiedades son fuentes de primer orden. El primero informa de la situación inmediatamente posterior a la conquista, mientras los segundos documentan las transacciones de propiedades urbanas y suburbanas. Así sabemos que el reparto inicial no fue duradero y se prefirió una parcela urbana de tamaño más reducido y unas casas mejor comunicadas con la vía pública a través de la línea de fachada, mientras que las viviendas islámicas habían acogido familias extensas en espacios introvertidos en torno a un patio. Se desarrolló poco a poco un mercado inmobiliario en el que invertían mercaderes, banqueros, juristas o la pequeña nobleza urbana y donde los grupos sociales menos pudientes tenían que conformarse con alquilar piezas de casas o viviendas modestas, pues las propiedades musulmanas fueron divididas entre varias familias (García Marsilla 2002, 143–145).

Paulatinamente, la población de la ciudad aumentó: Jaime I describe en su crónica, el *Llibre del fets*, la marcha de 50.000 habitantes musulmanes de Valencia hacia Cullera para embarcar hacia otras tierras, pero el cálculo puede ser exagerado o reflejar un número de pobladores crecido por la población que se refugió tras los muros de la ciudad durante el asedio cristiano (Torres Balbás 1955). En todo caso, la población cristiana tardó en asentarse y ocupar los espacios libres de las 3.000 casas mencionadas en el *Libre del Repartiment*, de manera que a finales del siglo XIII se ha calculado una población inferior a 20.000 personas y en 1355, después del azote de la peste, se ha estimado que vivían en Valencia entre 25.000 y 28.000 habitantes, que llegarían en 1489 al número de 40.000 (Rubio Vela 1995).

Ordenación de la expansión urbana: pueblas, conventos mendicantes y disposiciones municipales

Desde el principio los fueros y privilegios otorgados por la Corona atendieron a la necesidad de ocupar el área urbana y de construir allá donde fuese necesario, marcando así las primeras pautas de la intervención arquitectónica en la ciudad. Capítulos y rúbricas de los fueros fomentaban la construcción de casas, molinos, hornos, baños, puentes y demás obras de infraestructura mientras se respetasen los espacios públicos de calles y plazas (José i Pitarch 1989, 456–458). Los muros, valladares y barbacanas de la ciudad fueron donados a los vecinos con la obligación por parte de éstos de contribuir a su mantenimiento y al de las demás obras públicas como puentes y acequias en 1251 (Alanyà 1515, 11–12, 17–18). Asimismo se reservaron las plazas como espacios públicos, especialmente la del mercado situada junto a una puerta de la muralla, y se prohibió construir en ellas nuevos edificios, restricción que se extendía al circuito defensivo de la muralla con los fosos y barbacanas en los privilegios datados en 1251 y 1283 (Alanyà 1515, 17–18, 33). Los derribos y las nuevas construcciones fueron transformando poco a poco el paisaje. De las casas «moriscas» se habla con desdén, como un vestigio de un pasado incómodo que convenía dejar atrás ya en el siglo XIV, y este calificativo parece que se aplicó a todo elemento urbano contrario al ideal de «decorum» vigente entonces.[3] Más importantes fueron las operaciones de urbanización conocidas como pueblas («pobles»), que se llevaron a cabo preferentemente fuera del recinto de la *medina*, donde encontraban menos condicionantes, pero también tuvieron como escenario el núcleo de la ciudad islámica. Si bien surgieron en la segunda mitad del siglo XIII, estas intervenciones fueron especialmente numerosas a principios del Trescientos y se pueden caracterizar como planes de urbanización de iniciativa privada para poner en valor terrenos con la construcción de viviendas e infraestructuras cuya explotación aportara diversas fuentes de renta.[4] Así, además de las parcelas destinadas a las casas («patis» o «patuum domorum»), que a veces tardaban en ocuparse, se trazaban ejes viarios, pero también podían incluirse infraestructuras y servicios como hornos, baños y carnicerías e incluso el solar ocupado de una residencia señorial mencionado en la documentación como «alberg» u «hospicium», como en la «pobla d'en Mercer» (Torró y Guinot 2001–2002, 85–92). Se han contabilizado más de treinta pueblas que eran conocidas por el nombre de su promotor, generalmente un magnate enriquecido con el comercio, las finanzas, una carrera de jurista o las oportunidades que daba la

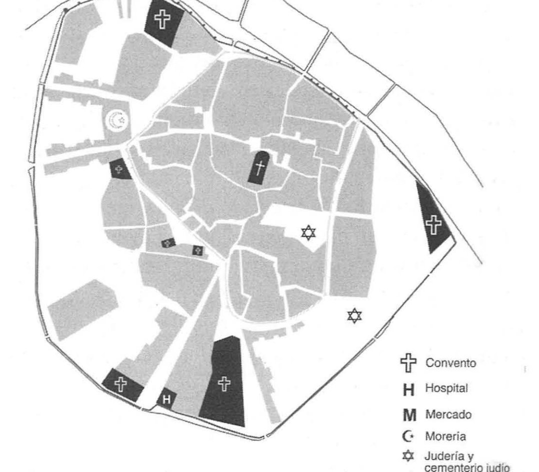


Figura 2
La puebla de *les parres* hacia 1370 (según Torró y Guinot 2001–2002)

confianza del rey y de su corte, y que buscaba los beneficios seguros del mercado inmobiliario en expansión de la Valencia trecentista y eventualmente podía aspirar al ennoblecimiento de su linaje. Los habitantes de la «pobla» abonarían rentas ya por los solares o «patis», ya por las casas construidas, ya por el uso de los servicios sujetos a derechos señoriales como los hornos o los baños.

Si las pueblas revelan el impulso de la iniciativa privada y la voluntad de planificación, definen también las zonas de expansión urbana que a medio plazo debían quedar incluidas en el recinto amurallado. No debe olvidarse que los promotores de las «pobles» estaban bien situados en la sociedad valenciana y podían dejar oír su voz en la toma de decisiones en los órganos competentes en materia urbanística.

Los conventos mendicantes contribuyeron en este proceso de urbanización del área extramuros al implantarse como una constelación que gravitaba en torno a la antigua medina, sus vías de acceso y los arrabales más prósperos: cerca de la Boatella se instalaron los mercedarios y los franciscanos, un poco más lejos del núcleo de ésta, los agustinos; los dominicos ocuparon el área entre la Xerea y el cauce del río Turia mientras que los carmelitas dejaron su impronta en el arrabal de Roteros y todos dispusieron de plazas inmediatas a sus instalaciones (Serra Desfilis 1993; Falomir Faus 1996, 65–84). El convento de Santo Domingo fue beneficiado en 1276 con una ampliación del recinto amurallado en el sector nordeste del área urbana, desde la torre del Temple hasta la torre del Esperó en el arranque del camino hacia el mar, abarcando la rambla llamada precisamente «dels Predicadors» y el arrabal de la Xerea en el perímetro defensivo, que discurría junto a los huertos del convento de los dominicos. La función de dique era primordial en este sector, donde las aguas del río tendían a ocupar el antiguo brazo aluvial de la rambla correspondiente a la actual plaza de Tetuán (Rosselló y Esteban 2000, 98–99).

Las instituciones municipales fueron las responsables de continuar y profundizar luego, autónomamente, la gestión urbanística en el marco legal establecido por los fueros y los privilegios reales. Este conjunto de órganos de administración, dotados de amplia autonomía, fue asentándose a lo largo del siglo XIII y en el siguiente ya estaba en condiciones de llevar a cabo su propia política sin depender de la iniciativa real. Al principio el «mustassaf» o almotacén se encargó del cumplimiento de normas de policía urbana sobre la salvaguarda de los espacios públicos, las condiciones de viabilidad e higiene y los litigios entre vecinos, pero conforme avanza el siglo XIV menudean las disposiciones urbanísticas del Consejo municipal («Consell») tendentes a rectificar el trazado de calles, eliminar los adarves o «atzucats», mejorar el tránsito de viandantes y carros así como delimitar los espacios públicos y su uso comunal (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.481–1.485; Serra Desfilis 2004, 37–50).

Vieja y nueva muralla

Durante un tiempo la Valencia cristiana creció al amparo de sus murallas y más allá de éstas, desde sus arrabales y pueblas, pero la construcción de un nuevo recinto amurallado se planteó antes de que se cumplieran cien años desde la conquista cristiana. El 10 de marzo de 1337 el «Consell» ordenó que cuatro prohombres supervisaran la limpieza del foso y el buen estado de las fortificaciones incluyendo los arrabales de la ciudad, de manera que se abrieran nuevos fosos y barbacanas para la mejor defensa y

protección del área urbana.[5] En esta decisión se combinaban, como en muchas adoptadas hasta mediados del siglo XIV, la conservación del viejo muro del siglo XI con la voluntad de poner a salvo el área urbana ampliada. La defensa debía actuar tanto frente a las avenidas del río como ante un ataque enemigo y por entonces el más temido seguía siendo un contragolpe musulmán desde Granada y el estrecho con la pujanza de los merínidas.

El sistema de defensa islámico, formado por barbacana o antemuro, foso y muralla con torres seguía en uso, pero las construcciones de época cristiana habían comenzado a alterarlo y comprometían su conservación en algunos puntos (Badía y Pascual 1990). Las autoridades municipales insistieron siempre en su derecho de propiedad sobre muros y valladares, sancionado por privilegio real de Jaime I, y contemplaron como excepciones cualquier concesión de uso o alteración de las condiciones de la muralla andalusí. En 1320 ya se otorgó permiso para derribar parte de una torre de la muralla en la parroquia de Santa Catalina, pero se puso cautela en la salvaguarda de la fortificación.[6] El foso, sobre todo, planteaba problemas higiénicos porque en él se arrojaban desperdicios y se tendía a ocupar este ámbito con puentecillos que salvaran el desnivel e incluso mediante la ampliación de los solares vecinos.[7] Las autoridades procuraron la limpieza periódica del «vall», que formaba parte de la red de acequias de Valencia, y consintieron ocupaciones parciales del sistema defensivo islámico en los casos que consideraron justificados.[8]

Las excepciones no menoscababan el derecho de propiedad comunal sobre torres, murallas, fosos y barbacanas, sancionado por los privilegios reales e invocado reiteradamente por la asamblea municipal en 1327 y en 1342;[9] se rechazó incluso la posibilidad de enajenarlos a cambio de un censo en 1343, si bien al año siguiente el rey autorizó esta operación en un sector de la muralla islámica.[10]

Era solo el principio de un proceso dilatado de amortización del recinto fortificado de la Valencia andalusí que se prolongaría hasta comienzos del siglo siguiente conforme se alzaba la nueva muralla y crecían las deudas municipales: en 1357 se vendía el portal de la muralla próximo a la «era dels Pellicers» y en 1365 quedaba autorizada la venta de los viejos muros y fosos, siempre que se permitiese la circulación del agua en los segundos, pues «murs e valls nous eren estats ordenats e construits a la deffensió, tuhició e guarda d'aquella [la ciudad de Valencia], e que més valia que fer hedifficis e altres servituts fossen los dits murs e barbacanes alienats e venuts e venudes» con la finalidad de reinvertir el producto de la operación en las obras del nuevo recinto defensivo.[11] De hecho, los fosos viejos continuaron siendo objeto de atención por parte de la administración que daba orden de limpiarlos, sobre todo después de las crecidas del Turia o en previsión de futuras avenidas.[12]

La construcción de la nueva muralla dejó sin utilidad a la anterior, que podía ser derribada o incorporada a otras construcciones mientras que el foso cumpliera su función hidráulica, aunque discurriera cubierto en el futuro. En 1372 el «Consell» consideraba que la vieja muralla había perdido su razón de ser por la construcción del nuevo recinto, «de gran fortalea» y «en molt major àmbit», por lo que autorizó a Bernat Sicard, «obrer de les obres comunes», a resolver los litigios de propiedad y vender a sus ocupantes o a quienes estuvieran interesados en adquirirlos los solares adyacentes al foso y la muralla andalusí para construir en ellos viviendas para la mejoría y población creciente de la ciudad.[13] La amortización de la barrera defensiva permitió en algunos casos abrir paso al fondo de callejones sin salida salvando el obstáculo del foso con la construcción de puentes, como se hizo en el distrito de la parroquia de Santa Cruz en 1372 con cargo al beneficio de la venta de los solares a los interesados.[14] El incremento demográfico volvió a ser aducido como un motivo suficiente para justificar la venta de los terrenos colindantes con los muros y barbacanas antiguos en 1385, 1387, 1388, 1389 y 1401 antes de aceptar que algunas parcelas no tenían comprador y podían donarse sin compensación alguna, solo sujeta a las obligaciones de limpieza y saneamiento del foso.[15] Los portales y postigos abiertos en los muros viejos estaban también condenados a desaparecer, pero hubo que autorizar el derribo de cada uno de ellos. En 1383, cuando le llegó el turno al portal de la Boatella, con su eje acodado, los consejeros reconocieron que tal disposición obedecía a razones defensivas, pero ya no estaba justificada «per la construcció e edificació dels murs e valls nous fets en molt major àmbit o tenguda de la dita ciutat, ans çò que més era, los dits portals e voltes tollen fortalea de la dita ciutat quant a sos murs nous, car donen e darien en son cas gran empatxament e tarda a còrrer e socòrrer prestament

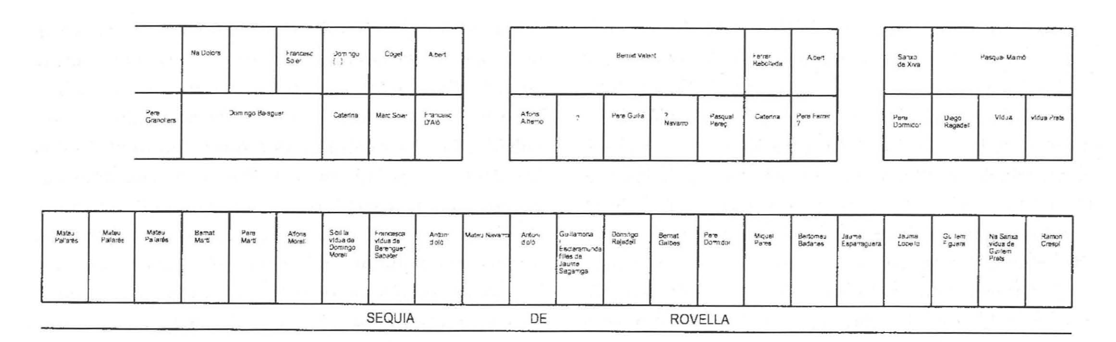


Figura 3
El nuevo recinto amurallado de Valencia en el siglo XIV con la situación de las principales fundaciones religiosas cristianas

als portals del mur nou d'aquelles partides axí com de sent Vicent e de Roçafa» como habían tenido ocasión de comprobar durante los asedios del ejército castellano.[16] En aquella ocasión, como en otras, el derribo del portal propició rectificaciones en el trazado de las calles próximas para abrir vías rectas y más espaciosas.[17]

La construcción de la muralla era en verdad una respuesta a una necesidad defensiva, o por lo menos así lo entendía la Corona, pero el enemigo no tenía siempre rostro humano. La fortificación desempeñaba en la fachada norte de la ciudad un papel de dique frente a las inundaciones. La inundación de 1321 causó daños en la vieja muralla, la barbacana y el foso, de manera que las autoridades prohibieron que se tomaran materiales de estas obras públicas bajo pena de 60 sueldos.[18] Siete años después, la riada llegó el 28 de septiembre y damnificó a la población de los arrabales de la Xerea y Roteros, provocando el derribo de muchos edificios en los suburbios, por lo que se decidió levantar muros de contención en la orilla derecha del río a principios de octubre de 1328.[19] Meses después, los regidores valencianos informaban al rey Alfonso IV de que «partida dels murs de les barbaquanes e dels murs majors [són] enderroquats, e los valls, axí per l'enderrocament dels dits murs com dels alberchs quie eren contigües a aquells, són enrunats i embargats».[20]Todavía en 1343, la asamblea municipal rechazaba la propuesta de vender a censo una parte del foso y de la barbacana de la muralla islámica para enjugar las deudas que arrastraba la hacienda local, porque actuaba de barrera frente a un ataque militar como ante «grans diluvis d'aygües», pues los fosos canalizaban el agua de las crecidas.[21]

La voluntad de Pedro IV de fortificar Valencia se manifestó con claridad en 1337. El rey designó a cuatro prohombres para que estimasen el valor de las propiedades afectadas por el trazado de la nueva muralla el 31 de mayo de ese año (González Simancas 1915, 288–289). En 1339 la amenaza del Marruecos merínida y del reino de Granada se tradujo en la orden real de Pedro IV el Ceremonioso de fortificar la ciudad: «fer valls, torres e bestorres, e portals, en lo encircuit e entorn dels suburbis o ravals de la ciutat, e reparar e adobar los murs e barbacanes antichs de la ciutat, fer mudar los valls per les quals coses la ciutat fos fortificada e mils defenedora als enemichs».[22] Las autoridades municipales se aprestaron a cumplir el mandato: designaron a doce prohombres para que tasaran los terrenos afectados y reunieron los fondos para pagar la mano de obra y los materiales necesarios, a los que debían contribuir todos los habitantes del término de la ciudad.[23] Aunque se ordenó también que quienes poseían huertos junto a la vieja muralla debían encargarse de repararla y se nombró una comisión técnica que acompañase al rey para decidir el perímetro del nuevo recinto, el proyecto no debió de materializarse, pues en 1351 se eligió otra comisión para organizar las reparaciones necesarias y fue delimitado el nuevo foso.[24] Entre tanto, la ciudad había sufrido el embate de la Peste Negra, la carestía y la grave crisis de la Unión, en la que se había enfrentado al monarca, y soportaba aún las

deudas consiguientes, pero las nubes de un largo conflicto con Castilla se acumulaban en el horizonte.

Las obras comenzadas en el otoño de 1351 marcan en realidad el comienzo de la construcción de un nuevo recinto amurallado, que en el sector norte, aprovechaba la línea defensiva del viejo circuito junto al cauce del Turia, desde la actual calle de Blanquerías hasta la plaza del Temple. Aunque algunas referencias topográficas son difíciles de identificar, se observa la voluntad de proteger núcleos extramuros como la zona del burdel («pobla de les fembres») y el convento de San Agustín, molinos y palomares, así como el condicionante que suponían las acequias para el trazado del nuevo foso. Sin embargo, el peligro de un ataque castellano se aminoró a principios de 1352 y Pedro IV dio la orden de desmantelar las defensas.[25]

Así hubo que retomar las obras con más ahínco en 1356, cuando la ruptura de las hostilidades con Castilla era inminente y Pedro el Ceremonioso concibió una estrategia de defensa apoyada en los castillos y en la resistencia que pudiera ofrecer la ciudad de Valencia (López Elum 2002, vol. 2, 127–130). Se comenzó por las efímeras barreras levantadas con prisa para hacer frente a un ataque de Pedro I y su ejército[26] y se decidió ampliar el foso hasta una anchura de cuarenta palmos, dejando expedito un camino para los movimientos de tropas en torno a él.[27] Un libro de la fábrica de la muralla correspondiente a los dos últimos meses de aquel año de 1356 nos informa de la construcción. Los materiales incluían el relleno de los tapiales o «reble» que se adquiría por cargamentos («càrregues»), la piedra y su transporte, la arena, el yeso, la cal, el ladrillo y la madera, que se utilizaba para los andamios, cimbras y encofrados. Además de los proveedores y transportistas, están registrados los nombres de los oficios de la construcción que participaron en esta obra de técnica mixta y ejecución rápida: canteros («tallapedres»), que extraían el material pétreo y lo cortaban en tres tipos básicos de piezas («volsors, pedra de fil, pedra de talla»), canteros que tallan la piedra en la obra («piquers») encabezados por Jaume Cubells, maestros de albañilería («mestres d'obra») con Guillem Nebot al frente, tapiadores especializados en los muros de encofrado («tapiadors»), carpinteros como Pere de Déu, el mejor pagado de todos, o Guillem Ferrer. En suma, una fábrica compuesta tanto en su aspecto material como en los conocimientos técnicos requeridos para la construcción. Los tapiadores levantaban el muro con un tapial de arena y cal armado con «reble», al que se aplicaba después un revestimiento o «costra» a base de cal. Las torres eran obra de albañilería con ladrillo, yeso y piedra en determinados puntos como los vanos de puertas y ventanas o las escaleras que comunicaban los diferentes niveles del camino de ronda, pero también se levantaban muros de piedra, aunque seguramente el relleno era de argamasa. Los portales también tenían elementos pétreos y las bóvedas se revestían con yeso, como consta para el portal de Torrent.[28] La cancillería real calculó en 1357 unos gastos de 100.000 libras en las obras de fortificación dirigidas por Lope de Riza ese año en Valencia (González Simancas 1915, 289).

Sin embargo, la riada del 17 de agosto de 1358 dañó todo el sistema defensivo y en particular la nueva muralla recién construida aprovechando la tierra de los fosos excavados, con lo que se impuso una reparación rápida y duradera.[29]

La ciudad y el rey pudieron superar la primera fase de la guerra con Castilla, pero la reanudación del conflicto en 1362 iba a resultar mucho más peligrosa para la capital del reino y Pedro el Ceremonioso era tan consciente de ello, que ordenó que se trabajase intensivamente en las obras de fortificación con diez o doce «parells de tapiers», es decir equipos de tapiadores que construyesen rápidamente el muro con la técnica del tapial encofrado en madera.[30] Valencia pudo resistir el cerco castellano hasta la tregua del verano de 1363, pero la última fase de la guerra volvió a poner a las tropas de Pedro I a las puertas de la ciudad del Turia entre marzo y abril de 1364: el rey de Aragón ordenó dejar una zona libre de toda clase de construcciones en un perímetro de 500 brazas en torno al foso para resistir mejor el asedio (González Simancas 1915, 290). Cinco años después, el 22 de diciembre de 1369 el portavoz del gobernador del reino, mossén García de Loris, compareció ante el consejo municipal para urgir a que se continuasen las obras de las murallas, como así se acordó.[31] A finales de 1370 las tareas de limpieza y reparación del foso antiguo estaban también a punto de terminar, después de dos años en marcha.[32]

Sin embargo, es seguro que la gran empresa constructiva no se acabó y fue llevada a término después de la guerra, entre los años setenta del siglo XIV y la primera década de la centuria siguiente, cuando el sector norte quedó abrochado con el brillante portal



Figura 4
La construcción del nuevo recinto amurallado de Valencia en el siglo XIV según el grabado del frontispicio de la *Primera Parte de la cronica general de toda España, y especialmente del reyno de Valencia,* de Pedro Antonio Beuter (Valencia, 1546)

de Serranos (1392–1398) como entrada principal al recinto urbano. Esta última y dilatada fase de las obras recibió un impulso técnico y organizativo por la consolidación de la *sotsobreria de murs i valls* para la administración de las obras —el primer «sotsobrer» fue designado en 1370—,[33] su financiación y la dirección técnica del primer «mestre major de les obres de murs i valls» de la ciudad, Bernat Boix, que fue nombrado para este cargo en 1376.[34] Antes de terminar hubo contratiempos, debidos seguramente a la rapidez con que se había querido construir el recinto con medios limitados. A principios de noviembre de 1383 se había derrumbado un sector del muro entre el portal de Quart y el luego llamado de la Encarnación («setze claus»), en la zona oeste del recinto. Los Jurados, con el consejo de «persones expertes» en obres, plantearon la cuestión de la responsabilidad técnica, que según el Consejo municipal recaía en los «dits maestre, obrers, sotsobrer e altres ajudants en la dita obra», y el cambio en los materiales de construcción, pues se decidió que en lo sucesivo la obra se realizara «tota d'argamassa e de reble» en vez de «crosta d'argamassa e de terra tapiant»[35] Es probable que los muros de encofrado de tapial calicastrado no respondieran bien a la acción de las lluvias torrenciales del otoño, que habían dañado ya el recinto defensivo sobre todo en la orilla derecha del Turia, o bien que el derrumbe obedeciera a un deficiente procedimiento constructivo más que a los materiales y técnicas empleados, pero el caso es que se prefirió levantar los muros con fábrica de argamasa armada con un relleno de guijarros, cantos y materiales de construcción reciclados, como puede apreciarse en el sector inmediato al portal de Quart. La última fase de los trabajos en el sector norte, a ambos lados del portal de Serranos estaba reforzada con paramentos de mampostería y núcleo de argamasa en su fábrica y siete torres, además de las almenas que coronaban la muralla en todo el recinto. Las obras entre los portales de Serranos y de la Trinidad fueron dirigidas por el maestro Arnau Agrafull entre 1398 y 1400 con el propósito de reemplazar la fábrica de tierra por otra de argamasa con reble.[36] Dos potentes torres se situaban al principio y al final del lienzo norte de la muralla, enmarcando la fachada septentrional de la ciudad: al oeste, la torre de Santa Catalina, construida en 1390, en la confluencia de las calles de Guillem de Castro y Blanquerías, y a oriente, la torre del Esperó, donde luego se construyó la Ciudadela; ambas fortalecían los ángulos de giro del trazado, donde un ataque enemigo o el embate de las aguas desbordadas del Turia resultaban más amenazadores.[37]

El contorno resultante de este proceso constructivo, largo y azaroso, es bien conocido por las fuentes documentales, iconográficas y por la impronta que dejó en el urbanismo de la Valencia moderna, pues las actuales calles de Blanquerías, Conde de Trénor, Pintor López, paseo de la Ciudadela, El Justicia, Colón, Xàtiva y Guillem de Castro delimitan aún el centro histórico con carácter de «ronda interior» siguiendo las líneas de la muralla y sus fosos. La superficie intramuros aumentó considerablemente hasta 141,750 hectáreas, al abarcar por fin los grandes es-

modo la empresa constructiva que coronó la primera fase de este proyecto fue el portal de Serranos mientras quedaba todavía pendiente la intervención en el callejero, la mejora de la salubridad y, en definitiva, el acabado de un modelo de ciudad bella y bien edificada que pertenecía en mayor medida a la representación mental que a la realidad construida.

Notas

1. Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación *Arquitectura en construcción en el ámbito valenciano de la Edad Media y Moderna* financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (HUM 2004–5445/ARTE) con fondos FEDER.
2. La bibliografía sobre el ensanche de Valencia en el siglo XIV y la obra de las murallas es muy amplia, pero puede destacarse, además de otras referencias indicadas en las notas siguientes, la visión nostálgica que sucedió al reciente derribo de Andrés y Sinisterra 1866; Rodrigo Pertegás 1923, vol. 1, 279–374, que sigue siendo el mejor estudio de conjunto sobre el urbanismo valenciano del siglo XIV; la exposición de las décadas centrales del siglo XIV como un período de grandes cambios de Sanchis Guarner 1972 y ediciones posteriores; la interpretación de conjunto de Rubio Vela 1994; Aldana Fernández 1999, que recoge aportaciones anteriores de otros historiadores sin profundizar en el período que nos ocupa; y Rosselló y Esteban 2000, quienes examinan en detalle la panorámica desde la orilla izquierda del río.
3. Así un acuerdo del «Consell» municipal en 1376 se refiere a una «casa morisca que . . . fahia o dava gran estretea e embargament al carrer» cerca de la iglesia de San Lorenzo después de haberse rectificado la alineación de las fachadas. Archivo Municipal de Valencia (en lo sucesivo AMV), Manual de Consells, A–17, f. 77r. Otra alusión parecida a «unes cases poques, morisques e roïnoses» en otra deliberación de la asamblea en Manual de Consells, A–19, ff. 212v–213r, 26–IV–1391.
4. Rodrigo Pertegás 1923, 290–298 describe el fenómeno, pero lo han analizado desde el punto de vista arqueológico y documental más recientemente Martí 1999, 105–107; González Villaescusa 2000, 423–428; Camps y Torró 2002, 126–146; García Marsilla, 2002, 143–145; Torró y Guinot 2001–2002, 51–103.
5. AMV, Manual de Consells, A–3, f. 192, 10–III–1337. El documento se refiere a la construcción de «valls nous» y «verdesques».
6. AMV, Manual de Consells, A–1, ff. 154v–155, 12–VII–1320.
7. AMV, Manual de Consells, A–2, f. 39r, 20–V–1328, construcción de un puente sobre el valladar, citado por Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.498.
8. AMV, Manual de Consells, A–3, ff. 136r, 29–IX–1335, citado por, p. 1.499; f. 208r, 14–VIII–1337; f. 223r, 23–V–1338, (Cárcel Ortí y Trenchs Odena, 1.500); f. 269, 25–IV–1339; A–4, f. 188v, 29–V–1343 (autorización para conservar la obra construida sobre un trozo de barbacana islámica).
9. AMV, Manual de Consells, A–2, f. 2r, 31–V–1327; A–4, f. 112v, 8–III–1342. El compromiso de no enajenar las murallas y fosos de la ciudad era renovado por los Jurados después de cada elección a partir de estas fechas.
10. AMV, Manual de Consells, A–4, f. 199r, 18–VI–1343, rechazo de la propuesta de enajenar a cambio de un censo un sector próximo al portal de la morería para enjugar las deudas municipales; A–4, f. 316v, 16–IV–1344, el rey autoriza la enajenación a censo de este tramo de la muralla meses después.
11. AMV, Manual de Consells, A–13, f. 58r, 20–01–1357; A–14, f. 61r (quinta mano), 7–III–1365, (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.509).
12. AMV, Manual de Consells, A–10, ff. 30v–31r, 4–XI–1351; A–17, f. 119v, 18–IX–1377.
13. AMV, Manual de Consells, A–16, ff. 121v–122r, 10–XII–1372 (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.513).
14. AMV, Manual de Consells, A–16, f. 118, 26–XI–1372 (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.513).
15. AMV, Manual de Consells, A–18, ff. 98r, 29–VII–1385; f. 207v, 22–IV–1387; A–19, f. 20, 3–X–1388 (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.528); f. 32v, 26–01–1389 (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.529); A–22, f. 133v, 17–IX–1401 («a patis per a obs de fer cases o orts») y f. 209, 14–VIII–1402 (Cárcel Ortí 1992, 307 y 319).
16. AMV, Manual de Consells, A–18, ff. 8–9r, 13–VII–1383 (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.526).
17. AMV, Manual de Consells, A–22, f. 70v, 7–III–1401. Se registraron también las demoliciones de los portales de Avinyó, Valldigna, Roteros (A–22, f. 84v, 30–IV–1401) y Xerea (A–22, f. 235v, 29– III–1403) (Cárcel Ortí 1992, 299 y 301).
18. AMV, Manual de Consells, A–1, f. 178, 16–X–1321, (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.498).
19. AMV, Manual de Consells, A–2, f. 51r, 28–IX–1328; f. 53, 7–X–1328 (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.499).
20. Carta de los jurados de Valencia al rey, 4–XI–1328 (Rubio Vela 2003, 190–193).
21. AMV, Manual de Consells, A–4, f. 199r, 19–V–1343.
22. AMV, Manual de Consells, A–3, ff. 226v–267r, 24–III–1339 (Cárcel Ortí y Trenchs 1985, 1.501).

23. AMV, Manual de Consells, A–3, ff. 267v–269r, 25–IV–1339.
24. AMV, Manual de Consells, A–10, ff. 26r, 7–X–1351; f. 29, 4–XI–1351; ff. 30v–31r, ff. 36–37r, 23–XI–1351 (trazado del nuevo foso), ff. 38v–39r, 25–XI–1351 (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.505); ff. 48v–49v, 12–XII–1351.
25. AMV, Manual de Consells, A–10, f. 66v, 20–I–1352.
26. AMV, Manual de Consells, A–13, f. 20r, 14–VIII–1336.
27. AMV, Manual de Consells, A–13, ff. 21–22r, 18–VIII–1356 (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.507); f. 74, 23–II–1357, (Rodrigo Pertegás 1923, 362).
28. AMV, signatura (antigua) T–25 E–3, Terç libre de diverses messions et despeses fetes per en Jacme Cortit e en Berthomeu de Favas diputats a fer aquelles per los honrats en Bernat Fabra, en Johan de Pertusa en Michel de Palomar et en Nicholau de Valleriola, obres maiors diputats per lo Conceyll de la Çiutat de Valencia en la obra que de present se fa en los Vall nous et portals de la dita Ciutat. Fon començat lo present libre die jovis XVº kalendas Decembris Mº CCCº Lº VIº.
29. AMV, Manual de Consells, A–13, f. 35r (tercera mano), 28–IX–1358.
30. AMV, Manual de Consells, A–14, f. 8r (segunda mano), 8–VII–1362; f. 24v (tercera mano), 22–XII–1362.
31. AMV, Manual de Consells, A–15, f. 75r–76r, 22–XII–1369.
32. AMV, Manual de Consells, A–15, f. 150v, 22–XII–1370.
33. AMV, Manual de Consells, A–15, f. 92r, 14–II–1370.
34. AMV, Manual de Consells, A–17, f. 37v, 18–I–1376.
35. AMV, Manual de Consells, A–18, f. 16, 6–XI–1383.
36. AMV, Sotsobreria de murs i valls, d3–10, ff. 11–81, 1398; d3–11, ff. 160–161, 1399, construcción del portal *dels blanquers* por el maestro Bertomeu Tàrrega; d3–12, passim, 1400; d3–13, f. 88r, 1400.
37. En este aspecto fueron herederas de la torre del Temple o de Ali Bufat, construida en un principio como torre albarrana en el extremo norte de la ciudad islámica y luego incluida en el recinto defensivo del siglo XIV.
38. Esta autora estima que triplicó el espacio urbano de la *medina* islámica (46,980 hectáreas), pero habría sumar al núcleo amurallado la extensión de los arrabales, de contornos menos definidos.
39. AMV, Sotsobreria de murs i valls, d3–1, ff. 1–2r.
40. AMV, Manual de Consells, A–19, ff. 107v–108r, 19–II–1390 (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.531); ff–151v–152r, 9–VII–1390.
41. AMV, Manual de Consells, A–19, f. 208v, 8–IV–1391; Sotsobreria de murs i valls, d3–12, ff. 159r–172r.
42. AMV, Manual de Consells, A–13, f. 10, 14–VIII–1383; Sotsobreria de murs i valls, d3–4, f. 2v y siguientes, 1391.
43. AMV, Manual de Consells, A–19, f. 126, 22–IV–1390.
44. AMV, Manual de Consells, f. 88v, 20–V–1329.
45. AMV, Manual de Consells, A–3, f. 269v, 25–IV–1339 (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.501); A–4, 8–III–1342, ff. 112v–113r. El «Consell» a menudo invocaba las reticencias del clero y la nobleza para justificar su tardanza en cumplir las órdenes del rey, AMV, Manual de Consells, A–10, ff. 44v–45r, 2–XII–1351.
46. AMV, Manual de Consells, A–10, ff. 38v–39r, 25–XI–135 (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.505); ff. 40–41r, 27–XI–1351. Las medidas concernían a los habitantes de todo el término de Valencia.
47. AMV, Manual de Consells, A–10, f. 42r, 2–XII–1351. Ramon de Cosco, procurador, prestó 10.000 sueldos; Arnau Joan, 5.000 sueldos; Vicent des Graus, Andreu Escrivà, Arnau Valeriola, Lop Dapiera, 1.000 sueldos cada uno y esa misma cantidad se repartió entre Guillem Abelló y Pascual Maçana.
48. AMV, Manual de Consells, A–13, ff. 30–32 (primera mano), 3–X–1356 (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.507); pese a ello la escasez de fondos persistía meses después, A–13, f. 8v (segunda mano), 3–VI–1357.
49. AMV, Manual de Consells, A–14, ff. 14r–15r (tercera mano), 17–X–1362.
50. AMV, Manual de Consells, A–15, ff. 107v–108r, 1–VI–1370 (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.510).
51. AMV, Manual de Consells, A–19, f. 36r, 5–III–1389.
52. AMV, Manual de Consells, A–14, f. 89r–90r (quinta mano), 6–IV–1367, indemnizaciones a los afectados por la construcción del nuevo valladar; A–15, ff. 164v–165r, 22–II–1371; A–16, f. 6v, 20–VI–1371, indemnización a los afectados por las nuevas fortificaciones (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.511); A–16, f. 177v, 1–XII–1373, indemnizaciones a los afectados por los derribos en la margen izquierda del río durante la guerra con Castilla; A–22, f. 33, 29–X–1400 y ff. 39v–40r, 3–XII–1400, entrega de una torre de la antigua muralla como reparación de los daños ocasionados por la construcción de la nueva.
53. AMV, Manual de Consells, A–16, ff. 121v–122r, 10–XII–1372 (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.513).
54. AMV, Manual de Consells, A–17, f. 136r, 5–III–1378; ff. 151v–152r, 23–VI–1378 (Cárcel Ortí y Trenchs Odena 1985, 1.520).

Lista de referencias

Alanyà, Luis. 1515. *Aureum Opus regalium privilegiorum civitatis et regni Valentie.* Valencia.

Aldana Fernández, S. 1999. *Valencia: la ciudad amurallada*, Valencia: Consell Valencià de Cultura.

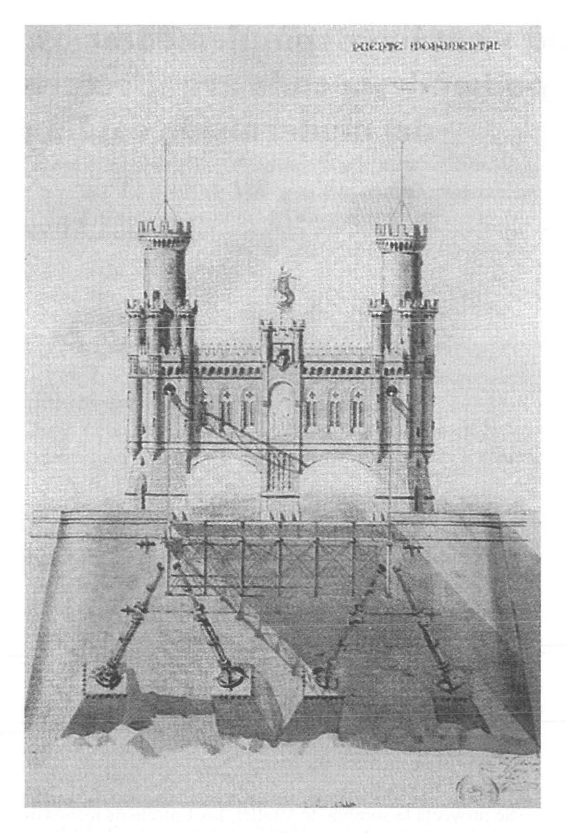


Figura 1
Josep Puig i Cadafalch. Puente Monumental, 1891. (Rodríguez 1996, 55)

El problema a ser resuelto para proveer grandiosos edificios destinados a albergar ambiciosos programas sería el siguiente: obtener una cáscara completamente de mampostería, paredes y bóvedas, ahorrando material y evitando soportes atravesados con el uso del hierro; mejorar el sistema de equilibrio adoptado por los arquitectos medievales mediante el hierro, con la ventaja de las cualidades del material . . . (Viollet-le-Duc [1863–1872] 1987, 2: 59)

De particular interés resultan las razones del arquitecto para que esa mampostería fuera de ladrillos con terracota esmaltada como acabado:

El arte de fabricación del ladrillo ha sido muy mejorado en tiempos recientes, porqué entonces no disponer en nuestros edificios públicos las posibilidades que ello implica? Porqué emplear piedra cuando podríamos hacer grandes economías al hacer uso de un material que ofrece tantas ventajas —facilidad de transporte y carga, ligereza, perfecta adhesión a las argamasas y estucos, ventilación y durabilidad ilimitadas? (Viollet-le-Duc [1863–1872] 1987, 2: 39)

Esta llamada de atención encontraría eco entre quienes proyectaran edificios combinando metal, ladrillos y alfarería coloreada o esmaltada en Barcelona. Más adelante aparecerán, a partir de razonamientos sobre las estructuras góticas, las bóvedas de ladrillo atirantadas de Lluís Muncunill, quien introduciría:

. . . los muros o pilares inclinados para resistir las fuerzas oblicuas, que por los adelantos mecánicos pueden determinarse perfectamente, dando manera de contrarrestar los empujes de las bóvedas sin necesidad de los engorrosos y costosos contrafuertes antiguos. (Muncunill en Freixa 1996, 38)

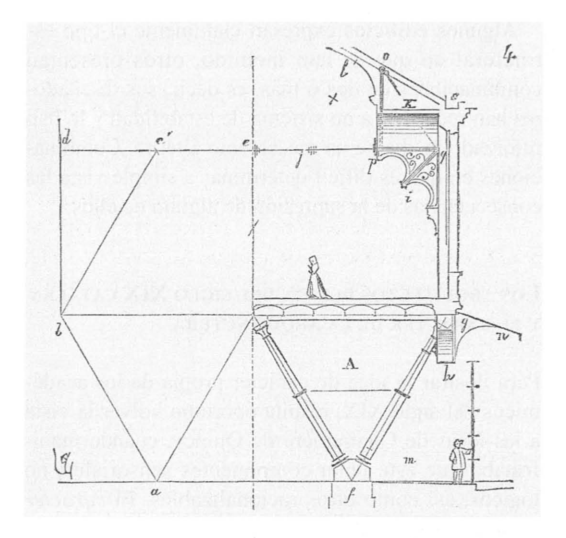
No habrá el trabajo de Muncunill la espectacularidad de las propuestas de Viollet-le-Duc o de sus seguidores, pero si la evidencia de la lección bien asimilada. Una lección llegada no sólo del pensamiento arquitectónico del siglo XIX catalán, sino de la tradición de sus artesanos y constructores.

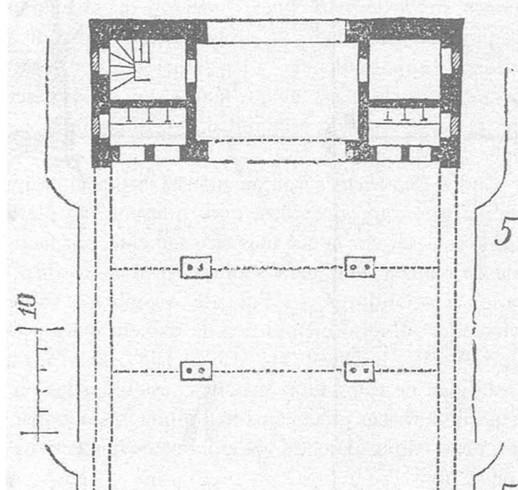
El ladrillo tradicional y el hierro moderno: una prometedora combinación

La observación de conocidos edificios del modernismo ha permitido la determinación de unos tipos estructurales básicos, esbozados de acuerdo a a los conceptos expuestos por Paricio sobre la garantía de estabilidad del edificio ante los esfuerzos horizontales.[2] En estos tipos se consideran los recursos propios de las estructuras metálicas, así como los elementos de albañilería colaborantes con conjuntos metálicos no estables por sí mismos.

Los recursos del metal para su propia estabilidad

El primer tipo estructural básico lo conforman los edificios que logran su estabilidad ante esfuerzos horizontales mediante enlaces y uniones entre los componentes metálicos, es decir, mediante *triangulación*, o elementos de rigidez en ángulo, como tornapuntas o cruces de San Andrés. Entre los edificios del mo-





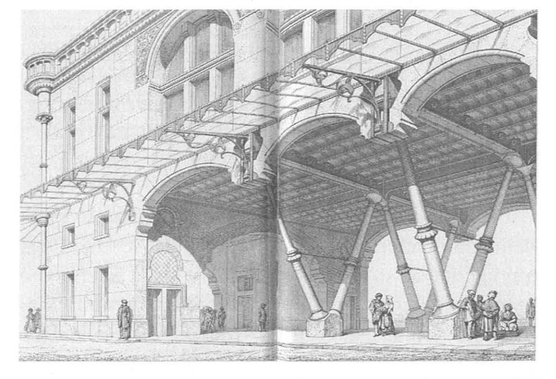


Figura 2
Sala de Asambleas sobre Mercado Cubierto. E.E. Viollet-le-Duc: (a) Método para apoyar una estructura de mampostería sobre una secuencia de columnas de hierro oblicuas; (b) Vista de un Mercado cubierto con Sala de asambleas encima; (c) Planta de edificio apoyado sobre una secuencia de columnas oblicuas. (Viollet-le-Duc [1863–1872] 1987, 2: 63–65)

dernismo no hay casos notables de este tipo, pero si de estructuras cuya estabilidad se ha logrado mediante *nudos rígidos* entre vigas y columnas, o mediante el *empotramiento al suelo* de éstas. Esto funciona en edificios bajos y con plantas cuya extensión contribuye a la estabilidad del conjunto. El empleo de uno u otro recurso causa imágenes distintas, que en la arquitectura catalana se asocian a usos determinados, generando una interesante coincidencia del tipo estructural con el funcional.

La estabilidad otorgada por nobles muros

El segundo tipo lo constituyen las estructuras metálicas cuya estabilidad está garantizada por muros gruesos de ladrillo o por la trabazón entre esbeltas paredes de albañilería, siguiendo la técnica de los muros capuchinos. Han podido definirse tres grupos dentro del tipo básico, de acuerdo a la disposición de los muros con respecto a los componentes metálicos. Por una parte, los edificios con *núcleos de albañilería* en lugares estratégicos de su planta, cuya imagen exterior sería la del hierro, en tanto su componente muraria se encontraría en el interior. Pero el recurso más utilizado a partir de la difusión del uso de columnas de fundición y jácenas de acero, fue el de las estructuras metálicas que, con o sin apoyos intermedios, confían su estabilidad a *muros perimetrales*.

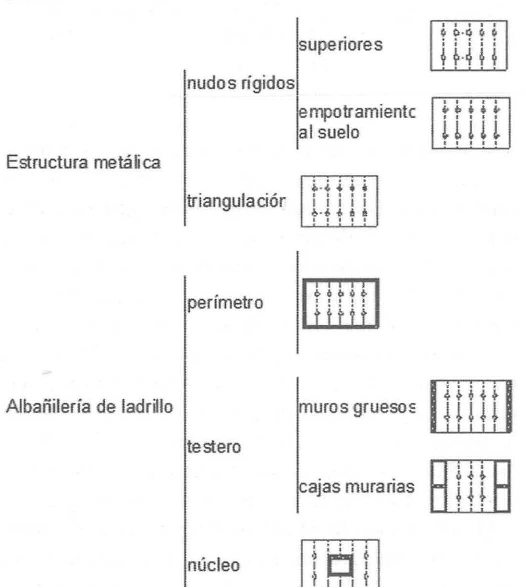
Otra variación la constituyen los *testeros de albañilería*, que hacen estable a una secuencia de pórticos o cuchillos metálicos. Entre ellos, hay dos configura-

ciones, los *testeros de muros gruesos*, que aseguran su propia estabilidad y la de la estructura metálica mediante su corpulencia, y las soluciones con *testeros de cajas murarias*, en que la trabazón de las paredes es la garantía de estabilidad, por muy alta y esbelta que sea la estructura.

De los *Entretiens* surgirían análisis, suposiciones y propuestas muy atrevidas, pero ninguna tan clara como esta, tal vez la que más directamente, por factible de realizar, entregara Viollet-le-Duc a sus discípulos y seguidores. La Sala de Asambleas sobre Mercado Cubierto ejemplifica de manera clara este tipo (Viollet-le-Duc [1863–1872] 1987, 2: 65). La viabilidad de estructuras metálicas estabilizadas por cajas murarias es prácticamente infinita y, sin embargo, poco empleada entre los arquitectos que estudiaron su obra.

Algunas de estas opciones fueron metódicamente empleadas por los arquitectos del modernismo, otras apenas ensayadas y algunas simplemente descartadas o ignoradas. La siguiente tabla resume los tipos determinados, de acuerdo a lo que destaca como elemento más importante en el logro de dicha estabilidad.

Tabla 1
Tipos de estabilidad ante esfuerzos horizontales en las estructuras metálicas



Algunos edificios expresan claramente el tipo estructural en que se han incluido, otros presentan combinaciones de dos o más, es decir, sus diseñadores han recurrido a un sistema de estabilidad y lo han reforzado mediante un mecanismo alterno. Combinaciones en que es difícil determinar a simple vista las consecuencias de la supresión de alguno de ellos.

Los arquitectos del fin del siglo XIX catalán y el carácter de la arquitectura

Para ilustrar la idea de carácter propia de los académicos del siglo XIX, resulta oportuno volver la vista a las ideas de Quatremère de Quincy, cuando manifestaba que éste tenía componentes sensoriales, no lógicos, así como otros racionalizables. El *carácter relativo* que describía:

> . . . hará que se pueda explicar claramente el destino o el uso de cada edificio ligado a aspectos más objetivables y legibles: tipos, formas que estamos acostumbrados a ver, lo que expresa la planta del edificio y su repercusión en un alzado determinado. (Hereu 1990)

En los *Entretiens* hay también importantes consideraciones referidas al carácter. Viollet-le-Duc llega a preguntarse: «¿Pero es que no hay nada intermedio entre una bóveda de bloques de piedra, como la Madeleine, y una estación de tren?» (Viollet-le-Duc [1863–1872] 1987, 2: 43) En el intento por dar respuesta, se refiere las aplicaciones del hierro y concluye:

> . . . ni ingenieros ni arquitectos han sido aún exitosos en combinar de forma realmente satisfactoria la mampostería con la construcción metálica . . . con la condición de que los dos métodos de construcción conservaran sus características, que no fueran combinadas para su daño mutuo. (Viollet-le-Duc [1863–1872] 1987, 2: 62)

Otra idea la proporcionaría Joan Torras en el Congreso de Arquitectos celebrado en Barcelona en 1888. El arquitecto, industrial y diseñador de estructuras metálicas, apuntaría:

> Se levanta una columna monumental para sostener una estatua . . . Hacedla de ladrillo y de ella diréis quizás: tiene proporciones arquitectónicas; tiene bastante resistencia para sustentar la estatua, pero esto parece una chime-

nea de una máquina de vapor. ¡Ya se ha perdido toda la importancia del monumento! . . . Unos pocos ladrillos no pueden desarrollar la grandiosa necesidad necesaria a un monumento de esta clase. He aquí un ejemplo que pone en evidencia claramente la influencia que en toda obra tienen los materiales. (Torrás 1888, p. 101)

Precisaría Torras en varias oportunidades que los materiales permiten al arquitecto realizar las formas que ha concebido, pero sobre todo expresar el carácter, es decir, completar la expresión de la arquitectura a los ojos del público. La idea de carácter asociada al nacionalismo también se vincula a los textos de Viollet-le-Duc: «En mi opinión, podemos decir de cualquier nación «muéstrame su arquitectura y conoceré su carácter». (Viollet-le-Duc en Rohrer y otros 1989, 20)[3]

Pocas veces quedaría tan clara la vinculación entre los materiales y el carácter nacional de la arquitectura entre los arquitectos catalanes como en las aspiraciones de Josep Pujol i Brull al referirse al Baixador en el Paseo de Gracia:

¿No sería realmente bello y agradable que al recorrer el viajero las líneas españolas, notara que a la vez que se va modificando la naturaleza cada vez que pasa una de las líneas divisorias, cambia también el carácter artístico de las estaciones, las cuales aunque conserven en su composición y líneas generales el carácter propio de las edificaciones de esta índole, fuese un álbum precioso que se desarrollaría lentamente ante los ojos del viajero, haciéndole comprender en cada tipo las particularidades de la construcción local poniéndole de manifiesto la riqueza de materiales que ésta atesora? (Pujol i Brull 1902, 210)

Según los estudiosos del tema, la primera exigencia de Elías Rogent para los edificios de la Exposición de Barcelona en 1888, fue construirlos todos . . . «a partir de los proyectos de arquitectos locales, con material aportado por las industrias locales y con mano de obra local». (Arranz, Grau y López 1984, 68) De ahí que, así como requirió a la industria metalúrgica catalana elementos competitivos y novedosos, concentró también el interés de los arquitectos en edificios que permitieran desplegar las técnicas locales tradicionales en busca de una arquitectura propia.

El ladrillo quedaba así ligado a arquitectura de la nación catalana y a su modernización, a la imagen de las chimeneas. Recordaba el progreso logrado gracias a las máquinas de vapor y era soporte y módulo para el diseño y la ornamentación de las fachadas de numerosos edificios para varios usos. Un ejemplo sería el Arco de Triunfo con que Josep Vilaseca i Casanovas hizo del ladrillo y la alfarería esmaltada la imagen de entrada a la Exposición.

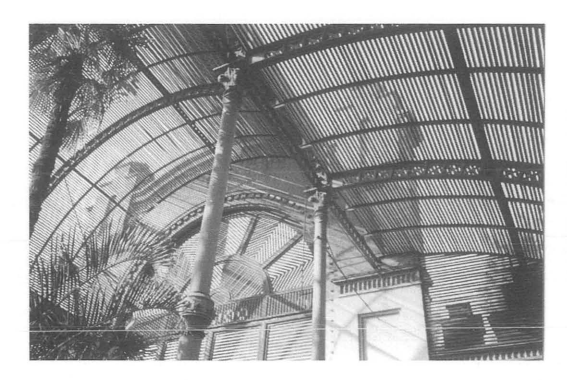


Figura 3
Arco de Triunfo, Paseo Lluís Companys, Barcelona. Josep Vilaseca i Casanovas, 1888

El carácter del ladrillo y las posibilidades del metal: los arquitectos y sus experiencias

A partir de los tipos estructurales definidos se dibuja un panorama cuya revisión permite reconocer los recursos, o combinaciones de ellos, en el trabajo de los arquitectos que emplearon estructuras metálicas en la arquitectura del modernismo. Se destaca la obra de algunos, aún cuando es posible catalogar estructuralmente en este sentido la obra de como Josep Marimón i Cot [Fábrica Arañó, 1872–1874]; Josep Pericás i Morros [Farinera del Clot, 1900–1902]; Marcelino Coquillat Llofriu y Arnaldo Calvet Perounill [Mercado de Sarriá, 1910–1911]; Josep Puig i Cadafalch [Casa Terrades o Casa de les Punxes, 1903–1905, Fábrica Casaramona, 1911–1913]. Así, por ejemplo, en la obra de como Josep Fontseré i Mestres destaca el Umbráculo del Parque de la Ciudadela, de 1883.

Aún cuando el Umbráculo muestra exteriormente en sus esquinas alguna similitud con sus antepasados ingleses, como el Palm Stove en Kew Gardens [R.Turner y D.Burton, 1845–1847], cuyas esquinas muestran sin reparos que las fachadas están subordi-



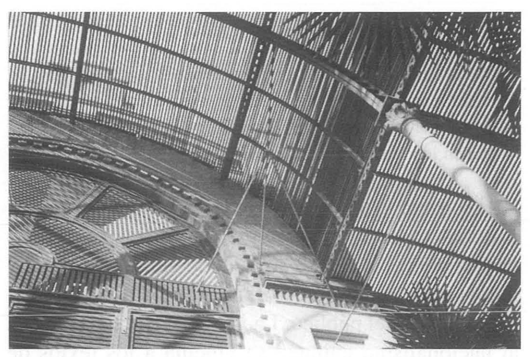


Figura 4
Umbráculo en el Parque de la Ciudadela. Josep Fontsere i Mestres, 1883: (a) El testero desde el interior; (b) Los tensores desde el porticado a la viga en el testero

nadas a la estructura metálica, el rol estabilizador del testero está casi a la par de su rol representativo. La viga en celosía inserta en el mismo, absorbe la tensión de los arcos metálicos, mientras los tensores en la primera crujía de cada extremo, de las primeras cuatro columnas al testero, hacen estable toda la secuencia de pórticos. Las vigas en las fachadas laterales contribuyen al arriostramiento de esta secuencia y a contener la tensión de los arcos.

Lluís Muncunill, experimentando con naves cubiertas por bóvedas de rasilla plana con jácenas o tensores de acero que permitieran ampliarlas en todo lo posible, logró la configuración de una imagen para las naves industriales de Terrassa que llegó a convertir en su marca personal [Vapor Aymerich, Amat i Jover, 1907; Sociedad General de Electricidad, 1908; Fábrica Font, 1908].[4] Una excepción en su propuesta tipológica es el Taller Gibert y Junyent, en cuya estructura metálica las columnas armadas, con sencillas juntas aseguradas con unas pocas tuercas a los cuchillos de la cubierta, encuentran estabilidad horizontal en el muro que las rodea.

A pesar de las comprobadas posibilidades del sistema mixto resultante de la aplicación de tensores a las bóvedas de ladrillo, Muncunill lo encuentra sólo adecuado a naves industriales, pues interfieren con la «visión monumental» del edificio, «por ser muy difícil armonizar tirantes vistos en obras decorativas». (Muncunill citado en Freixa 1996, 54) Este difícil asunto de carácter había sido solucionado por Doménech i Montaner con tensores ocultos en los pabellones del Hospital de Sant Pau.

Otra combinación de los tipos estructurales definidos es la Fábrica Mañach de Josep Maria Jujol. La foto de su construcción muestra uniones empotradas que, sin duda, serían suficientes para asegurar la estabilidad

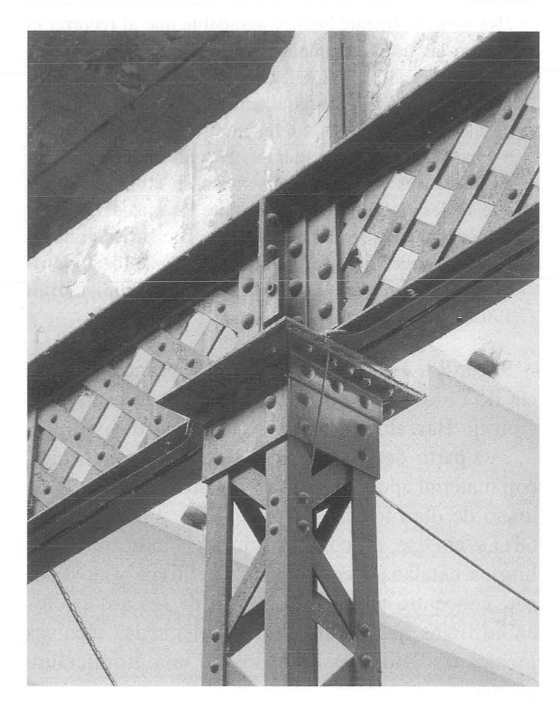


Figura 5
Taller Gibert y Junyent, Terrassa. Lluís Muncunill, 1907–1908. (Feixa 1996, 37)

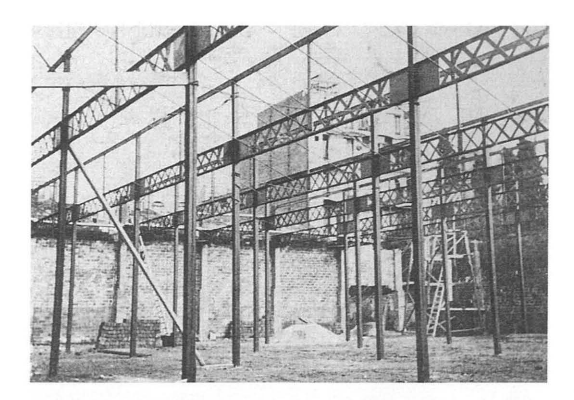


Figura 6
Fábrica Mañach, Barcelona. Josep Maria Jujol, 1916. (Llinàs 1992, 69)

de la estructura en un sentido. Sin embargo, a los «tensores que, según parece, se colocaron al rojo vivo y al enfriar acortaron su longitud» (Paricio 1993a, 24) y que ocasionaron el desplome de uno de los tramos abovedados durante la construcción, Jujol agregaría muros perimetrales que garantizaran con creces la estabilidad del conjunto en el sentido opuesto.

Sobre estos tensores, comentaría Solà-Morales que la respuesta del arquitecto . . . «fue "gótica": atirantamiento y contrafuertes convertidos en mágicos artificios de ladrillo asomando, cual orejas, por encima del perfil quebrado de la cubierta en *shed*» (Solà-Morales 1990, 23). Efectivamente, los contrafuertes en los muros del taller poseen una presencia tan definitiva que hacen evidente su rol pero, además, confieren carácter al edificio y lo convierten en muestra expresiva de la arquitectura modernista.

Pere Falqués i Urpí: carácter estructural para los mercados

A partir de los primeros, hay un interesante proceso que culmina en el carácter propio de los mercados que iniciaban en siglo XX en Barcelona, con edificios como el Mercado de la Libertad, de Francesc Berenguer y Miguel Pacual entre 1892 y 1893. De ahí, resulta justo reconocer el aporte de Pere Falqués i Urpí a la investigación con la incorporación de muros con técnicas decorativas aplicadas a estas estructuras, claves en la memoria urbana.

Así, en el Mercado del Clot, la estructura metálica encuentra estabilidad en los testeros de ladrillo visto y los contrafuertes en las fachadas laterales absorben el empuje de los cuchillos parabólicos que sostienen la cubierta. Mientras, en el Mercado de la Unión la estructura muraria perimetral responde por la estabilidad del conjunto. El empuje de la cubierta sería menor, en tanto se trata de cuchillos triangulares apoyados en columnas intermedias.

Para la siguiente experiencia con un edificio de mercado, Falqués i Urpí compone una planta en cruz con una estructura metálica más ambiciosa que la de sus predecesores. En el Mercado de Galvany los muros de albañilería no tienen un rol estructural tan definitivo, pues la estabilidad del edificio se debe a las

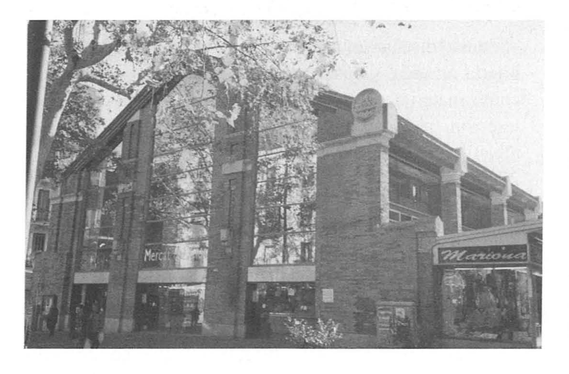




Figura 7
Mercado del Clot, Barcelona. Pere Falqués i Urpí, 1889: (a) El testero y los contrafuertes laterales; (b) Los cuchillos parabólicos en el interior

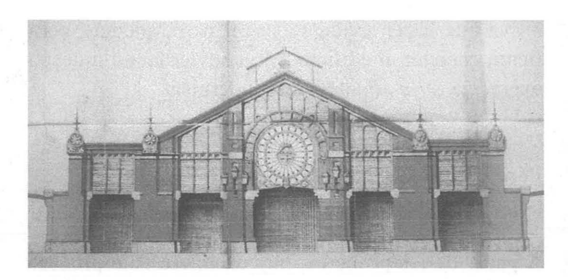


Figura 8
Mercado en la Plaza de la Unión, Barcelona. Pere Falqués i Urpí, 1887. (Rovira i Roura 1999, 3: 890)

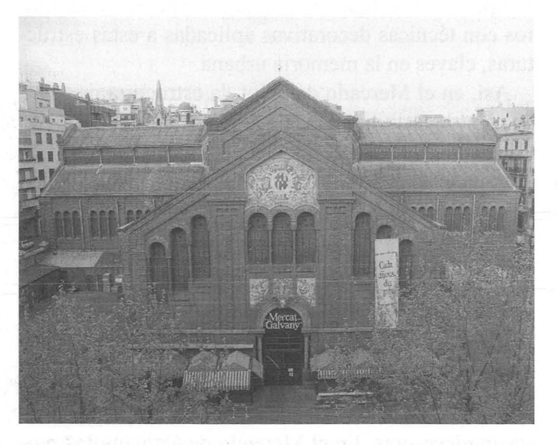


Figura 9
Mercado en la Plaza de Galvany, Barcelona. Pere Falqués i Urpí, 1905. (Provansal y Levick 1992, 111)



Figura 10
Central Catalana de Electricidad, Barcelona. Pere Falqués i Urpí, 1896–1897. (Fochs y otros 1982, 117)

rígidas uniones entre las componentes horizontales y verticales de la estructura metálica. Sin embargo, en los tres edificios encontramos importantes logros en la expresión de los muros de ladrillo en busca del carácter de los mismos en Barcelona.

En la Central Catalana de Electricidad de Barcelona, la Central Vilanova, el arquitecto empleó el sistema tradicional de bovedillas con viguetas metálicas apoyadas en jácenas, que llevan los esfuerzos a los muros perimetrales del edificio, responsables de su estabilidad. La gran cantidad de refuerzos metálicos a la vista en ellos permitiría suponerles un rol importante en la estabilidad del edificio, que en el exterior contribuyen a su carácter. El cerramiento de albañilería se asociaba de forma inédita al metal, tal vez en busca del carácter de la industrialización catalana para el edificio que albergara una novedosa maquinaria.

Lluís Doménech i Montaner: el carácter nacional con la integración estructural

La carrera de este arquitecto estuvo marcada por el ensayo con varios de los tipos estructurales delimitados. Como puntualiza Paricio:

> . . . quiso diseñar un nuevo material constructivo, la albañilería armada. Consciente de las carencias del ladrillo como material estructural por su escasa resistencia a la tracción, se lanzó a estudiar combinaciones de acero y albañilería para conseguir un material perfecto (Paricio 2000, 187).

Con el edificio para la Editorial Montaner y Simón, el inicio de su carrera quedó marcado con una de las primeras estructuras metálicas catalanas, en que el porticado logra su estabilidad gracias a los muros perimetrales. La arquitectura fabril se legitimó en Barcelona con este ejemplo que hizo evidente la búsqueda del carácter adecuado a una fachada urbana.

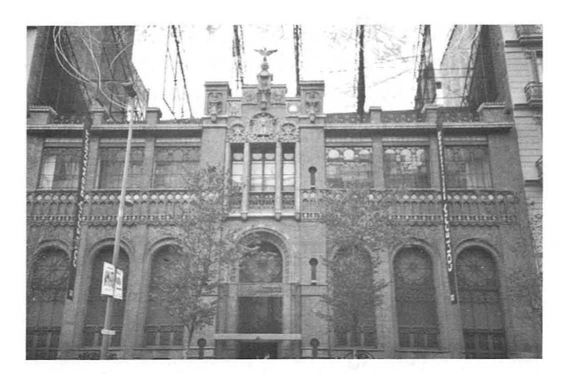


Figura 11
Editorial Montaner i Simón, Barcelona. Lluís Doménech i Montaner, 1875–1881

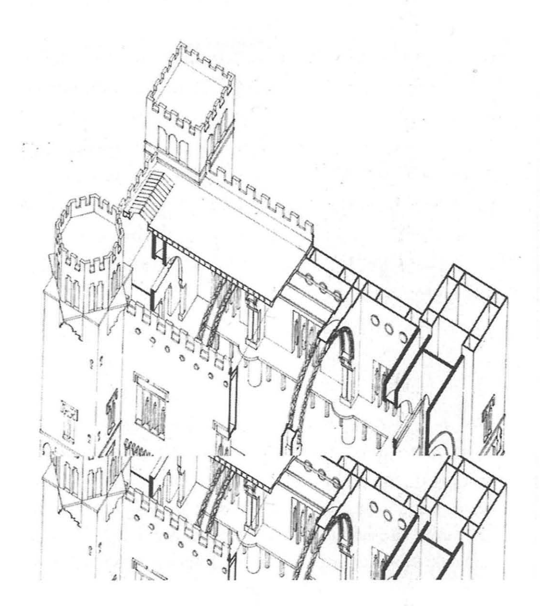


Figura 12
Café-Restaurante de la Exposición, Barcelona. Lluís Doménech i Montaner, 1888. (Paricio 1985, 48)

Las experiencias siguientes fueron ingeniosas combinaciones para lograr estructuras metálicas estables y con el carácter apropiado a su uso. Así, en el Café-Restaurante del Parque de la Ciudadela, se combinan tres de los tipos estructurales definidos. La acción estabilizadora se conjuga entre los muros testeros en los extremos del espacio central del edificio, además de los muros de albañilería que rodean los arcos de acero que conforman la cubierta y, por último, la configuración de cuatro *cajas murarias* en las esquinas con las que se acentúa la trabazón de los altos y esbeltos muros. Éstos, en la tradición de los muros capuchinos, muestran una de las maneras más inteligentes de optimizar el uso del material en la configuración de un espacio posible gracias al empleo de los arcos metálicos.

En el Hospital de Sant Pau, el arquitecto emplea de nuevo muros capuchinos. Esta vez para esconder la secuencia de pórticos metálicos que configuran las naves y que encuentran su estabilidad horizontal en las cajas murarias de los extremos, contenedoras de servicios para cada pabellón. Doménech i Montaner logró naves sin contrafuertes ni tensores a la vista mediante una integración de materiales sumamente ingeniosa. De cada pórtico metálico hizo empotrar dos pletinas inclinadas, a las cuales colgaría la bóveda que, finalmente, configura el espacio. Como cada uno está formado por perfiles metálicos en pares, es prácticamente imposible la deformación de cada grupo. La secuencia de pórticos se hace solidaria a las cajas murarias de los extremos mediante viguetas en la fachada longitudinal del edificio y se logra un sistema constructivo novedoso y único. Una compleja solución que permitió solventar las exigencias de los espacios y mantener el carácter apropiado a los pabe-

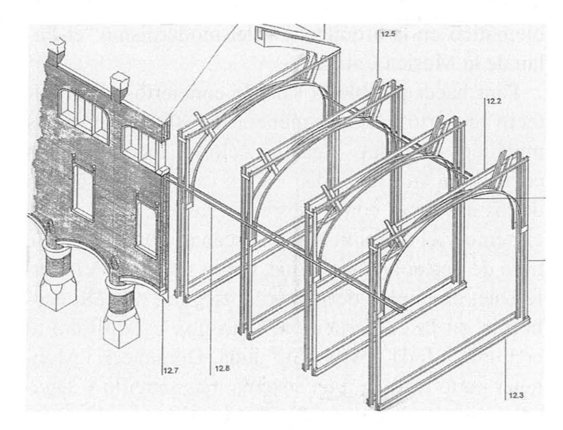


Figura 13
Pabellones del Hospital de Sant Pau, Barcelona. Lluís Doménech i Montaner, 1901. (Rams i Colomes 1996, 103)

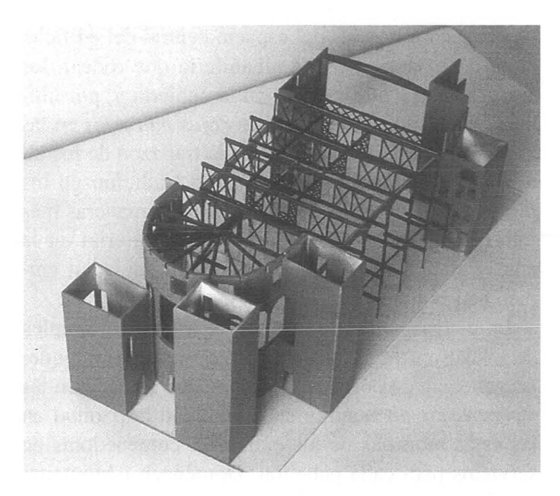


Figura 14
Palau de la Musica Catalana, Barcelona. Lluís Doménech i Montaner, 1905. (Paricio 2000, 185)

llones del conjunto tanto en el exterior como en el interior.

La integración de las artes aplicadas a la arquitectura confiere carácter a los pabellones y disimula componentes funcionales, como los tanques de agua que coronan las torres en los extremos. A pesar del éxito alcanzado en este conjunto, fue una línea de investigación estructural sin más progresos en la obra de Doménech i Montaner. Pero la integración de albañilería y estructura metálica tiene un ejemplo emblemático en la arquitectura del modernismo: el Palau de la Musica Catalana.

Para hacer posible la sala de conciertos, el arquitecto recurrió a una secuencia de esbeltos pórticos metálicos con altas vigas en celosía. Estos pórticos encuentran su estabilidad en las cajas de albañilería de las esquinas, contenedoras de las escaleras en un extremo y el cerramiento del escenario en el otro. Se trata de una solución en que, como solicitara Viollet-le-Duc, el empleo del material asegura, no sólo economía en la construcción, sino una estabilidad al conjunto a toda prueba. Sin duda, Doménech i Montaner pudo recurrir a un sistema más sencillo y seguro, pero sólo estos arriesgados pórticos le permitieron lograr las proporciones requeridas para la buena acústica del auditorio y su iluminación natural desde las fachadas laterales.

Así como hay un panorama individual de investigación constructiva entre los arquitectos, también las experiencias de los constructores, maestros de obras y artesanos resulta sumamente interesante. Fábricas u otros edificios de gran escala, construidos en gran número a fines del siglo XIX, cuando la industrialización de Cataluña exigió los recintos adecuados a nuevas formas de producción, fueron una estrecha colaboración entre los distintos participantes de su realización.[5] Una serie importante de ellos engloban una investigación empírica en el uso asociado de albañilería y componentes metálicos por sus arquitectos, de la mano de sus constructores. A eso puede atribuirse la escasa expresión de la estructura en los dibujos proyectuales de edificios tan interesantes como los de Muncunill quien, sin modificar la tipología de las *quadres* o naves industriales catalanas, combinó el acero con las técnicas tradicionales de ladrillo.

Así, es imposible dejar de apuntar la interesante conjunción que representa el modernismo catalán en cuanto a la integración del trabajo de proyectistas, casas constructoras y artesanos. Esta contribución varía, tal vez de acuerdo a la complejidad de los componentes metálicos de la estructura, al arrojo en los experimentos constructivos y al dominio del arquitecto sobre las técnicas tradicionalmente empleadas por su mano de obra.

Notas

1. En este sentido se han orientado las investigaciones de Ignacio Paricio sobre la construcción del Palau de la Musica Catalana, el análisis de la estrategia estructural de los pabellones del Hospital de Sant Pau o el empleo de muros capuchinos en la estructura del Café-Restaurante de la Exposición de Barcelona en 1888, edificios de Lluís Doménech i Montaner.
2. Estos tipos estructurales son independientes de la función de cada edificio. Las coincidencias funcionales surgieron a partir del análisis del catálogo de tipos y permiten establecer una relación entre la solución estructural y la imagen de la arquitectura.
3. En Cataluña, el conocido artículo *En busca de una arquitectura nacional* de Doménech i Montaner (1878), mantiene un paralelismo con el mensaje funcional y racionalista de los *Entretiens* que ha sido apuntado por los investigadores de su obra. El tema continuaría vigente cuando Puig i Cadafalch publicara su *Carácter que diferencia* (1897), que vincularía el racionalismo al pensamiento catalán y al carácter de su arquitectura.

4. La experimentación de algunos arquitectos con tensores de acero tendría su origen en las cubiertas de alfarería como opción ante el riego de incendios, pues éstas permiten suprimir buena parte de los componentes metálicos de la arquitectura industrial, entre los cuales vale mencionar el trabajo de Rafael Guastavino y los sistemas constructivos que patentó en los Estados Unidos.
5. Varios estudios sobre la arquitectura de fábricas en Cataluña se refieren a la indefinida figura de los proyectistas de los edificios del período. Fueron casi siempre ingenieros industriales o maestros de obras que nos recuerdan que todo el siglo XIX en España estuvo marcado por un proceso de redefinición de las competencias profesionales en el campo técnico-constructivo.

LISTA DE REFERENCIAS

Aguilar, Inmaculada. 1977. Demetrio Ribes, 1875–1921. *A. Estudios Pro Arte*, 11. Barcelona: 50–69.

Aguilar, Inmaculada. 1981. *Trens i estacions.* Libro de la exposición, 87–96. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Ajuntament de Barcelona.

Aguilar, Inmaculada. 1981–b. La locomotora s'urbanitza: El cas de Barcelona. En *Trens i estacions.* Libro de la exposición, 97–103. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Ajuntament de Barcelona.

Aguilar, Inmaculada. 1981–c. Procés històric de l'estació de Barcelona-Vilanova. En *Trens i estacions.* Libro de la exposición, 105–111. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Ajuntament de Barcelona.

Arranz, M.; Grau, R. y M. López.1984. *El Parc de la Ciutadella. Una visió històrica.* Barcelona: Ajuntament de Barcelona, L'Avenc.

Bassegoda i Amigó, Joaquín. 1888. Participación en torno al primer tema Determinar el modo como influyen la naturaleza y condiciones de los materiales en las construcciones arquitectónicas, bajo el triple concepto artístico, científico y económico. En *Segundo Congreso Nacional de Arquitectos*, 122–123. Barcelona.

Basset i Sanchez, Constantí. 1986. *La Fabrica Marcet i Poal. Un exemple de les construccions fabrils amb voltes.* Trabajo Fin de Carrera. Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya.

Basiana, Xavier. 2001. *Barcelona, ciudad de fábricas.* Barcelona, Nau Ivanow.

Cabana, Francesc y Assumpció Feliu. 1987. *Can Torras del ferros: 1876–1985. Siderúrgia y construccions metàl·liques de Catalunya.* Barcelona.

Cirici Pellicer, A. 1963. El edificio de la editorial Montaner i Simon. En *Cuadernos de Arquitectura y Urbanismo CAU*, 52–53: 26–33. Barcelona: Colegio de Arquitectos de Cataluña y Baleares.

Corredor-Matheos, J. y J.M. Montaner. 1984. *Arquitectura industrial a Catalunya del 1732 al 1929.* Barcelona: Caixa de Barcelona.

Doménech i Roura, Pedro. 1945. A propósito de Viollet-le-Duc. En *Cuadernòs de Arquitectura*, 4: 3–13. Barcelona: Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña y Baleares.

Feliú-Torras, Asunción. 2001. Recuperación del patrimonio industrial en Catalunya. En *Preservación de la arquitectura industrial en Iberomérica y España*, 213–321. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, CEDODAL.

Fochs, Pere; Jardí, E.; Lozoya, A. y F. Mascarell. 1982. *Central Vilanova.* Barcelona: Hidroeléctrica de Cataluña.

Flores, Carlos. 1982. *Gaudí, Jujol y el Modernismo Catalán.* Madrid: Aguilar.

Freixa, Mireia. 1996. *Lluís Muncunill (1868–1931) Arquitecte.* Barcelona: Lunwerg Editores.

Fuchshuber, Gregor. 1992. *El edificio de la Fundación Antoni Tàpies.* Barcelona: Sapic.

Gumà i Esteva, Ramon. 1996. *Origen i evolució de les tipologies edificatòries i característiques constructives dels edificis de la indústria tèxtil a Catalunya (període 1818–1925).* Tesis doctoral. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Hereu, Pere. 1990. *El carácter en la arquitectura.* Conferencia dada en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona (transcripción por Azier Calvo Albizu).

Llinàs, José. 1992. *Josep María Jujol.* Colonia: Taschen.

Martorell, J.M. 1963. El Café-Restaurante de la Exposición Internacional. En *Cuadernos de Arquitectura y Urbanismo CAU*, 52–53: 17–25. Barcelona: Colegio de Arquitectos de Cataluña y Baleares.

Martorell, Jerónimo. 1910. Estructuras de ladrillo y hierro atirantado en la arquitectura catalana moderna. *Anuario para 1910.* Barcelona: Asociación de Arquitectos de Cataluña, Imprenta y Litografía de Henrich y Ca.

Montaner, Josep Maria. 1983. *L'Ofici de l'arquitectura. El saber arquitectònic dels mestres d'obres analitzat a través dels seus projectes de revalida (1859–1871).* Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Paricio, Ignacio. 1983. *La construcción de la arquitectura. Las técnicas.* 4ª ed. Barcelona, Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya.

Paricio, Ignacio. 1985. *La construcción de la arquitectura. Los elementos.* 4ª ed. Barcelona: Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya.

Paricio, Ignacio. 1993a. La albañilería postensada. *Monografías A&V*, 43: 24–25. Madrid.

Paricio, Ignacio. 1993b. La pátina monumental de la construcción homogénea. *Monografías A&V*, 43: 18–23. Madrid.

Paricio, Ignacio. 1993c. Cables, tubos y conductos frente a los tipos convencionales. *Monografías A&V*, 43: 82–87. Madrid.

Paricio, Ignacio. 1993d. De los macizos excavados a la láminas plegadas. *Monografías A&V*, 43: 34–39. Madrid.

Paricio, Ignacio.1994. *La construcción de la arquitectura. La composición*. 4ª ed. Barcelona: Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya.

Paricio, Ignacio. 1996. El largo ciclo académico. En *Escola d'Arquitectura de Barcelona. Documentos y archivo*. Editado por A. Ramon y C. Rodríguez, 94. Barcelona: Ediciones de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Paricio, Ignacio. 2000. La construcción del Palau. En *El Palau de la Música Catalana de Lluís Doménech i Montaner*, 183–190. Barcelona: Lunwerg.

Provansal, Danielle y M. Levick. 1992. *Els mercats de Barcelona*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona.

Pujol i Brull. 1902. *Apeadero en el Paseo de Gracia. Arquitectura y construcción*, 120: 209–211. Barcelona.

Rams i Colomés, Oriol. 1996. *El Pavelló del Salvador de l'Hospital de Sant Pau. Un exemple de l'utilització del ferro dins de la arquitectura del segle passat*. Trabajo Fin de Carrera Arquitectura Técnica. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Rodríguez, Carmen. 1996. Debemos ser eclécticos. En *Escola d'Arquitectura de Barcelona. Documentos y archivo*. Editado por A. Ramon y C. Rodríguez, 54. Barcelona: Ediciones de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Rohrer, J.; Solà-Morales, I.; Barral, X. y J. Termes. 1989. *J. Puig i Cadafalch: l'arquitectura entre la casa i la ciutat*. Barcelona: Fundació Caixa de Pensions.

Rovira i Roura, Albert. 1999. *Dibuix d'una tipologia característica. Els mercats de Barcelona del segle XIX*. Tesis Doctoral. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Solà-Morales, Ignasi 1990. *Jujol*. Barcelona: Polígrafa.

Tarragó i Cid, Salvador. 1974. La posible Barcelona de Cerdá. *Cuadernos de Arquitectura y Urbanismo*, 101: 2–44. Barcelona: Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña y Baleares.

Torras, Juan. 1888. Participación en torno al primer tema Determinar el modo como influyen la naturaleza y condiciones de los materiales en las construcciones arquitectónicas, bajo el triple concepto artístico, científico y económico. En *Segundo Congreso Nacional de Arquitectos*, 98–109. Barcelona.

Viaplana, Albert. 2001. Tecla Sala. En *Quaderns d'arquitectura i urbanisme*, 230: 72–77. Barcelona: Col·legi d'Arquitectes de Catalunya.

Viollet-le-Duc, Eugéne-Emanuel [1863–1872] 1987. *Lectures on Architecture*. Dover.

Cimbras para bóvedas: Noticia de algunos casos

Miguel Sobrino González
Carlota Bustos Juez

La antigua configuración —anterior al siglo XVIII, momento a partir del cual abundan los documentos gráficos sobre técnicas de construcción— de las cimbras para construir arcos nos es bien conocida desde, por lo menos, el siglo XIII, gracias a las representaciones gráficas o, en ocasiones excepcionales, a su conservación física.[1] Entre las primeras se encuentran algunas tan célebres como las incluidas en las Cantigas de Alfonso X (Menéndez-Pidal 1986, 111–112) o la pintada por Giorgio Vasari en su representación de la construcción de San Pedro del Vaticano, en el palacio de la Cancillería de Roma (Argan 1992, 324).

Más complicado resulta conocer los sistemas usados históricamente para extender la plementería o los paños de bóveda que van de un arco a otro o desde los arcos hasta los muros. Es conocida al respecto la iglesia de Larbrö (Suecia), por el hecho excepcional de haber conservado in situ, en la bóveda de la torre que se superpone al crucero (fig. 1), el cimbrado original del siglo XIV (Conant 1991; Huerta y Ruiz 2006).

En los últimos años hemos ido conociendo, en diversos puntos de nuestro país, algunos ejemplos interesantes para ilustrar los métodos de construcción de la plementería en diferentes tipos de bóvedas medievales o de tradición medieval. Debe destacarse que las que reseñamos son bóvedas en las que la plementería no tiene el papel, en principio subordinado,[2] que ésta adquiere en los abovedamientos del gótico pleno; lo que une a las bóvedas que describiremos es su carácter masivo, en el que los arcos, cuando existen, no tienen un cometido primordial de refuerzo o de transmisión de cargas, sino de medio auxiliar para la construcción.

En estos casos españoles cabría ver una aportación documental de primer orden para la historia de la construcción abovedada. Entre ellos hay un ejemplo singular e inédito, equiparable en cierto modo en importancia al ya citado de Larbrö, pues se conservan en él varias cimbras y, extendido sobre ellas, el maderamen para la construcción de una bóveda de cañón irregular. En otro se mantiene parte también del maderamen original, tendido entre arcos fajones, y

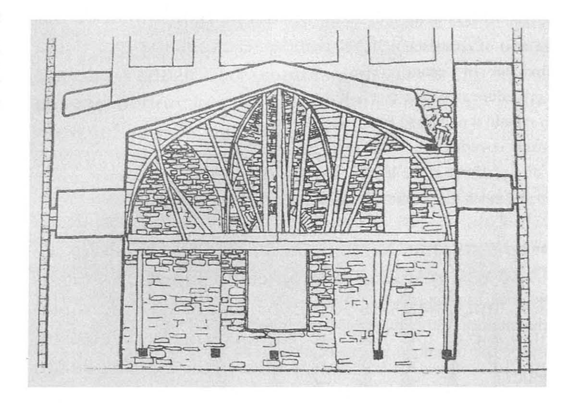


Figura 1
Sección de la cimbra de Larbrö, según Svanberg

hay aún otra bóveda —esta vez de crucería— que, por quedar sin revoco, delata la posición de las tablas que hicieron de encofrado para su plementería.

Todos estos casos tienen en común con el de Larbrö el de pertenecer a lugares de acceso y visión difíciles (cámaras en el interior de torres, puentes sobre emplazamientos escarpados), lo que explica que no hayan desaparecido en ellos las huellas y aun los elementos de madera pertenecientes a su proceso de construcción; esta característica hace prever que seguirán descubriéndose ejemplos del mismo tipo, los cuales, al ser además relacionados con otros elementos usuales pero quizá inadvertidos, permitirán conocer con mayor profundidad las técnicas auxiliares de la construcción histórica.

Nuestro trabajo no pretende analizar con profundidad estos casos, sino darlos a conocer (o en el caso de San Millán de Segovia, ya publicado, glosarlo) aprovechando una ocasión tan propicia como es la celebración de un Congreso de Historia de la Construcción. De este modo pensamos que pueden despertar el interés de especialistas que, con más medios que los nuestros, deseen abordar su estudio en profundidad. El grueso de nuestra exposición constará, por ello, de un listado descriptivo, aunque al final no dejaremos de sacar algunas breves conclusiones.

San Millán de Segovia

En el anterior Congreso de Historia de la Construcción, José Miguel Merino de Cáceres expuso un trabajo sobre la torre de la iglesia de San Millán de Segovia (Merino 2005), donde se explicaba que debía de ser una de las más antiguas de Castilla.[3] La torre cubre su último ámbito con una primitiva bóveda con arcos resaltados que, por hallarse en un lugar raramente accesible, no fue completamente *limpiada* de los materiales usados para su construcción. Entre éstos puede aún apreciarse el maderamen que, destinado a sostener la plementería, se apoyaba en los arcos y en los muros, conformando superficies regladas superpuestas a los arcos diagonales, de modo que se crea un tosco encuentro en rincón de claustro en cada uno de los puntos intermedios de los cuatro paramentos. El casquete esquifado de la bóveda, construida con hormigón en masa, queda así girado respecto a la planta cuadrada de la torre. Esta solu-

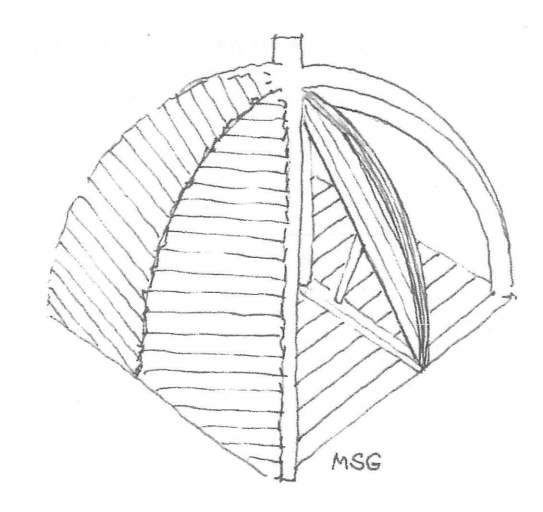


Figura 2
Forma de construcción de la bóveda de la torre de San Millán de Segovia

ción, que puede parecer más complicada de lo necesario, se deberá más bien a la etapa, que podríamos denominar «experimental», en la que fue construida esta bóveda, fechada en el período mozárabe (fig. 2).

Aldeaseca

La torre de la iglesia de Aldeaseca (Ávila) está formada por un cuerpo de campanas construido en ladrillo, de escasa antigüedad, el cual corona un cuerpo medieval casi ciego, datable entre los siglos XII y XIII, en el que se superponen dos estancias cubiertas por bóvedas de cañón apuntado. Tiene especial interés el sistema de escaleras, practicadas en el grosor de los muros, todo lo cual intentamos reflejar en el trabajo gráfico sobre las torres de la Moraña en el que ésta se encontraba incluida (fig. 3).[4]

Las bóvedas de cañón referidas están construidas con aparejo irregular y, debido a ello, con un aporte notable de argamasa. Por esa razón, el cimbrado debió de adquirir aquí un verdadero papel de encofrado, cuyas huellas son visibles en el intradós. No obstante, lo más interesante, y la principal razón para incluir Aldeaseca en este artículo, es el claro testimonio de la forma en que se llevó a cabo una capa inter-

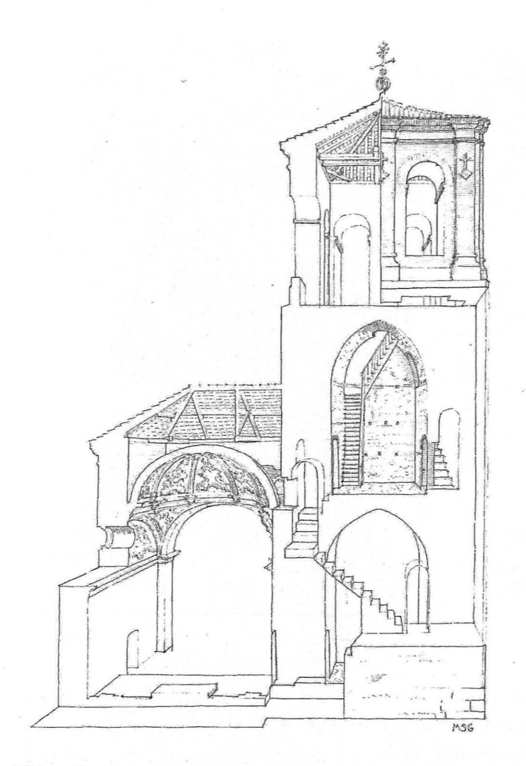


Figura 3
Vista seccionada de la torre de Aldeaseca

media, a base de finas ramas, para facilitar el desmoldeado de la cimbra una vez fraguada la bóveda. Algunas de estas ramas quedaron adheridas a la bóveda, mientras otras dejaron en ella su impronta. La conservación de testimonios de las técnicas de construcción se debe en este caso, de nuevo, al desinterés por dotar a la obra de un especial acabado, debido a la relativa inaccesibilidad del ámbito donde los encontramos.

Castillo de Molina de Aragón

El castillo de Molina de Aragón (Guadalajara) tiene antecedentes islámicos y sufrió reformas en el siglo XIX, a pesar de las cuales conserva en muy buen estado muchos de los elementos construidos en el primer tercio del siglo XIII. El recinto principal tiene su muro sur jalonado por altas torres góticas; éstas unen a su exterior defensivo unos interesantísimos espacios internos de carácter palaciego, que convierten a este castillo en uno de los ejemplos más señalados de la escasa arquitectura gótica civil del siglo XIII que conservamos en España.

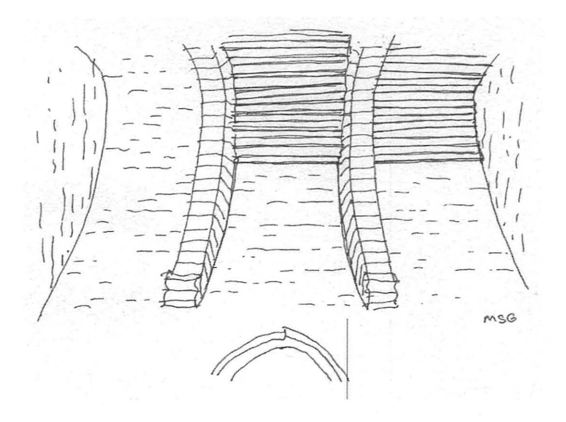


Figura 4
Croquis de la bóveda con restos de cimbras de la torre del Velador, en el castillo de Molina de Aragón

Aparte de los restos de pintura y enlucido originales, algunas de las salas del castillo, cubiertas casi todas con bóvedas de cañón apuntado con arcos fajones, han mantenido huellas o incluso parte tangible del cimbrado original.[5] Los tablones tendidos de arco a arco en, por ejemplo, la torre de Veladores son probablemente de la época de edificación de la torre, y confirman la suposición de que los arcos fajones servían como método auxiliar en la construcción, reduciendo la luz de los tramos abovedados (fig. 4). Por su parte, la sala de la planta baja de la torre del Homenaje, un ámbito cuadrado de unos cinco metros de lado, se cubre con una bóveda de crucería que quedó sin enlucir, y en la que ha permanecido impresa la impronta de los maderos utilizados, a modo de encofrado, para tender la plementería. Los nervios, sencillos pero de labra bien cuidada, acorde con la elevada calidad constructiva y plástica del castillo, contrastan con la forma de aparejar el cimbrado de la plementería, con maderos tendidos desde los muros a las ojivas y, cuando no se encuentran tablones de la suficiente longitud, otros aparejados transversalmente, yendo estos últimos en contra de la geometría de la bóveda (fig. 5). Estos defectos quedarían paliados al recibir el enlucido.

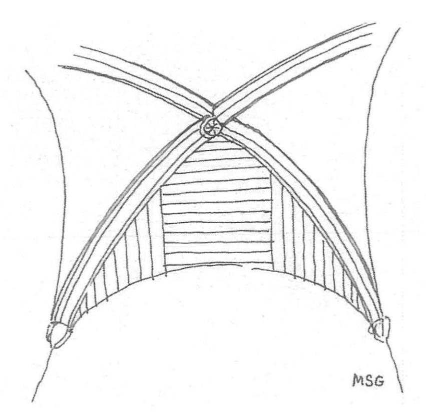


Figura 5
Croquis de la bóveda de crucería con huellas del cimbrado de la torre del Homenaje, en el castillo de Molina de Aragón

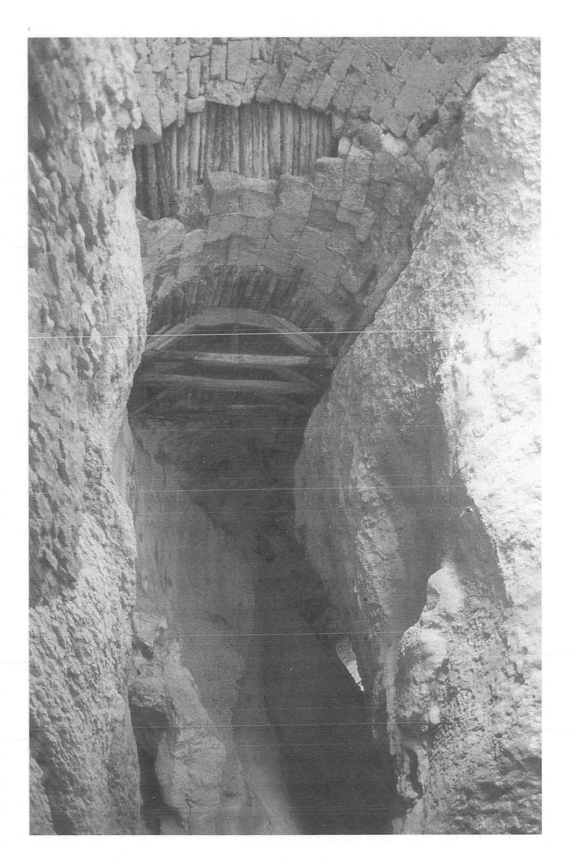


Figura 6
Intradós de Las Puentes sobre el río Purón

DESFILADERO DE HERRÁN

Al noreste de Burgos, en el valle de Tobalina y lindando con la actual provincia de Álava, existe un desfiladero que hoy está incluido en una zona natural protegida y que, aparte de su atractivo paisajístico, conserva varios elementos arquitectónicos de interés. Este desfiladero era antiguamente un paso obligado para la comunicación entre Álava y el valle del Ebro, paso que quedó después desplazado por la moderna carretera que bordea, camino de Miranda de Ebro, el pantano del Sobrón. El antiguo camino de Herrán se conservó así en su configuración tradicional (Cadiñanos 1986).

Este camino discurre, a la salida de Herrán, por la ladera derecha del río Purón, hasta que se ve obligado a cruzar la corriente a la altura de un estrechamiento rocoso. Para salvar el cauce en un punto tan peliagudo se levantó un singular puente, llamado por tradición Las Puentes, que consiste en realidad en una prolongada bóveda irregular de cañón, apoyada a ambos lados en las afloraciones de roca madre, sobre la cual transcurre el camino, que cruza así desde la orilla derecha a la izquierda (fig. 6). Lo escarpado del enclave provocó que una parte significativa de la estructura lígnea utilizada en la construcción de la bóveda quedase sin desmontar; sin duda costaba más trabajo retirar el cimbrado que dejarlo in situ (fig. 7). Como ocurre a su modo en Larbrö, el lugar apenas era visible, por lo que aban-



Figura 7
Detalle de las cimbras de Las Puentes

donar las cimbras no suponía mayor problema; de hecho, parece ser que han pasado hasta ahora inadvertidas.[6]

Aunque el camino de Herrán está bien documentado desde la Edad Media y tiene incluso antecedentes en época romana, resulta arriesgado proponer una datación para este excepcional cimbrado. Podría ser obra muy antigua, conservada gracias a la protección brindada por la bóveda y a lo ventilado del lugar; podría deberse también a alguna reparación más reciente, pues una simple observación de la irregular bóveda de Las Puentes permite advertir que se trata de una construcción que ha debido de ser varias veces arruinada, reconstruida y prolongada. El tramo en el que se conservan las cimbras posee un aparejo mayor que el resto, lo que habrá de tenerse en cuenta a la hora de profundizar en su estudio.

Una primera conclusión parece clara: a la vista de las cimbras de Herrán, debemos suponer que muchos de los cimbrados antiguos no tendrían el aspecto cuidado que solemos darle en las reconstituciones teóricas. El interés extraordinario de este ejemplo para la historia de la construcción hace esperar que, después de su divulgación, pueda llegarse a conclusiones gracias a alguna nueva aportación documental o a los pertinentes exámenes dendrocronológicos, a los que habría que adjuntar un levantamiento fotogramétrico detallado.

Conclusiones

En todos los casos expuestos, las bóvedas en las que hemos encontrado restos de cimbrado —bóvedas de cañón sin y con arcos de resalto, bóvedas nervadas— están conformadas en cada uno de sus tramos por superficies regladas. Esto parece confirmar lo que diversos autores vienen exponiendo, al entender que los arcos resaltados (término usado por Torres Balbás para distinguirlos de los arcos ojivos) no son un refuerzo de la bóveda, sino un medio auxiliar para su construcción: una vez construidos sobre cimbras los arcos, se tendían entre éstos maderos sobre los cuales pudiera aparejarse, según los casos, el casco de la bóveda o la plementería.

Un primer paso hacia el gótico vendría con el progresivo adelgazamiento y, sobre todo, con la curvatura propia que la plementería va adquiriendo en las bóvedas nervadas más evolucionadas (Huerta 2004, p. 212). Para la construcción de éstas podrían concebirse modelos de cimbra más o menos sofisticados, como la célebre y dudosa propuesta de cimbras móviles de Viollet le Duc (1996, 103), aunque lo recomendable sería seguir buscando soluciones más verosímiles.[7] De hecho, tanto el caso de Larbrö como los aquí expuestos revelan que el cimbrado era, con toda probabilidad, un proceso bastante menos meticuloso que el soñado por Viollet: la realidad debía parecerse mucho más a un apuntalamiento eficaz pero desordenado, aparejado de acuerdo con el sentido común, las contingencias relacionadas con el aprovisionamiento de madera y la experiencia de los carpinteros y constructores. Alguna obra de restauración reciente ha confirmado esta suposición.[8]

Las bóvedas nervadas primitivas (o, con mayor propiedad, las bóvedas con arcos resaltados anteriores al gótico) pertenecen, como advierte de forma implícita Torres Balbás (1985), a la misma familia que las bóvedas de cañón con arcos fajones. Unas y otras son suficientemente gruesas como para ser resistentes: lo que se pretende en ellas no es reforzarlas, sino subdividir el espacio para construir el abovedamiento entre arcos con mayor eficacia y menor gasto en madera. En las bóvedas de cañón con fajones, la madera utilizada para tender la bóveda de un arco a otro podría desmontarse y utilizarse para el siguiente tramo, lo que no se entiende en publicaciones provistas de dibujos que pretenden ser didácticos pero que, a nuestro juicio, son incorrectos (Hatot 2001, 80). La ventaja de construir la bóveda de cañón con fajones, en vez de corrida y sobre cimbras (las cuales también podrían servir para secuenciar el trabajo), son sobre todo dos: la función del fajón no como refuerzo, sino como «tapajuntas» (Fitchen 1961) y la posibilidad de reaprovechar no sólo las maderas de la plementería, sino, en contra de una afirmación no muy feliz de Choisy (1929), las mismas cimbras. En una bóveda con fajones, una sola cimbra, una y otra vez reutilizada, sería suficiente para llevar a cabo toda la construcción.

Al observar las bóvedas románicas con arcos fajones, es frecuente advertir que unas y otros no son exactamente concéntricos: las bóvedas van unidas a los fajones a lo largo de los riñones, pero después suelen despegarse de ellos, dejando una franja irregular que hoy, con la piedra desnuda, advertimos,

pero que en origen iría tapada por el revoque. Dicha franja, que comienza a abrirse allí donde las hiladas de la bóveda en construcción dejan de ser capaces de mantenerse por sí solas, debe ser el testimonio del encaje provisional de las maderas apoyadas en los fajones y utilizadas para el cimbrado (fig. 8).

Idéntico sistema, pero aplicado a bóvedas de planta no longitudinal, sino central, puede a veces hacer creer engañosamente que nos encontramos ante abovedamientos góticos. Ejemplos como el de la girola de Poblet, con sus plementos reglados e inmersos en una construcción genuinamente románica (fig. 9), o el cimborrio de la catedral vieja de Lérida, que en realidad es una bóveda esquifada con nervios que debieron de servir como método auxi-

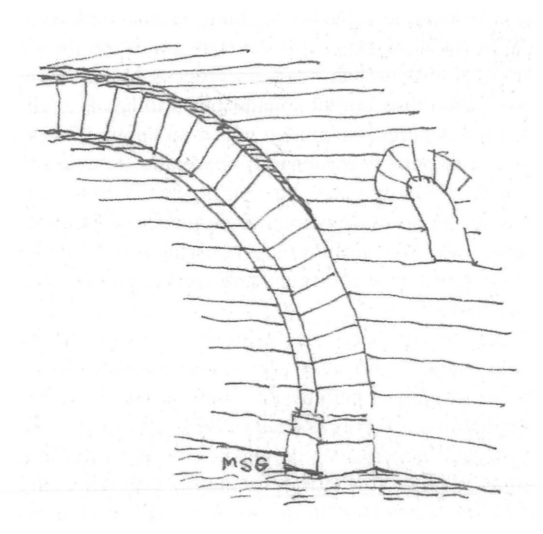


Figura 8
Croquis de la separación gradual entre bóveda y fajón, en la cripta de la catedral de Palencia

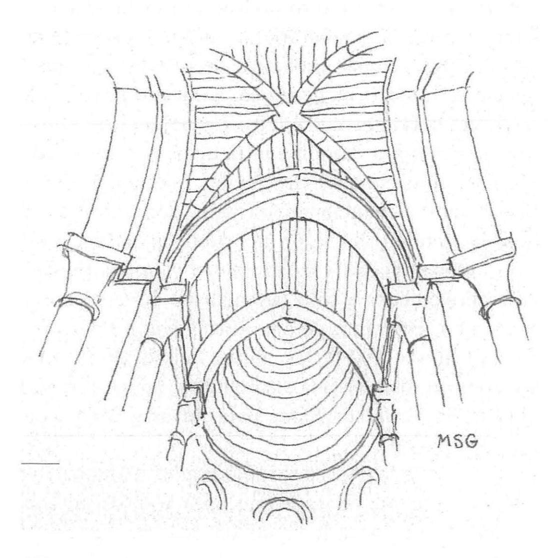


Figura 9
Croquis de un tramo de la girola de la iglesia monástica de Poblet

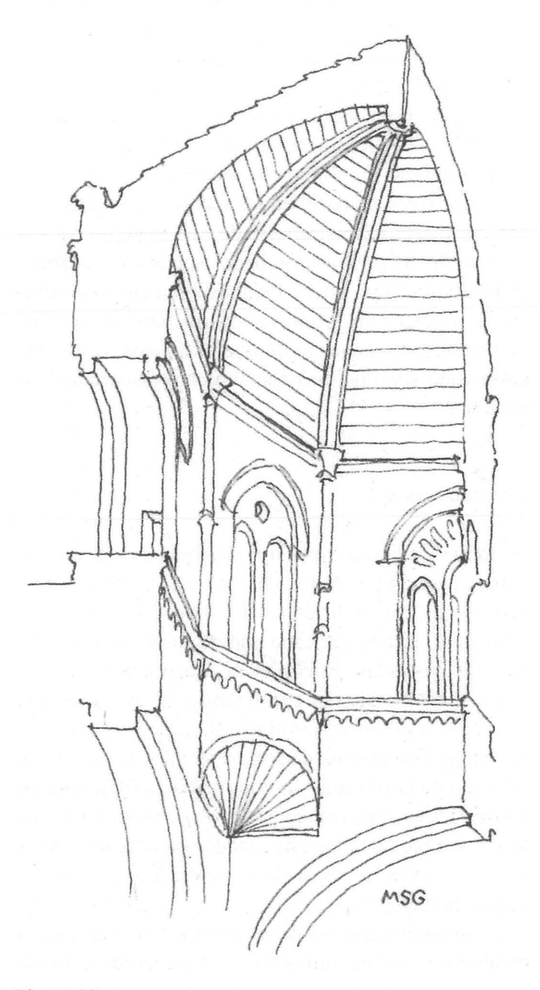


Figura 10
Croquis seccionado del cimborrio de la catedral de Lérida

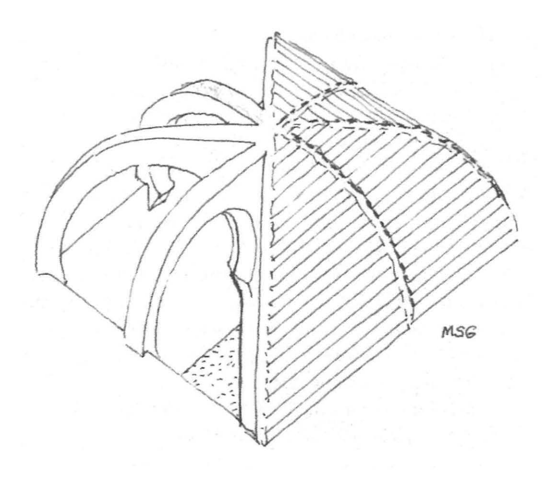


Figura 11
Forma de cubrir el ámbito de la nave de San Baudelio de Berlanga

liar de la construcción (fig. 10), son a veces encuadrados en un modo gótico que acaso tímidamente anuncian, pero al que no pertenecen. En Poblet, parece significativo que se acuda a los nervios sólo en los tramos que, por su planta trapezoidal, sería complicado cubrir con bóvedas que no estuviesen divididas en varios plementos; en ellas, la sección circular de los arcos de resalto resultaría muy útil para apoyar los tablones. Por su parte, en la catedral de Tudela (Navarra) los profesores Huerta y Rabasa han observado series de mechinales horadados en la rosca de los arcos, los cuales pueden delatar un sistema de cimbrado de las plementerías similar, pero más sofisticado.[9]

La plementería de todas las bóvedas que hemos ido viendo está conformada, como se ha dicho, por superficies regladas que van de arco a arco. Piénsese en un espacio en principio tan distinto a una bóveda de cañón como es la nave casi cuadrada de San Baudelio de Berlanga; la bellísima solución en forma de palmera responde a la necesidad de abarcar con un sistema abovedado un ámbito muy amplio para la época. La bóveda que lo cubre es una esquifada de cuatro paños (esto es, un gran rincón de claustro), que por su tamaño se dividió en ocho fragmentos mediante los arcos diagonales e intermedios que, por otra parte, precisaron un apoyo común en el centro de la nave (fig. 11). Lo que contemplamos en San Baudelio es, con pocos años de diferencia, una depuración de lo visto en la bóveda de la torre de San Millán de Segovia: los provisionales apuntalamientos intermedios de la torre segoviana se transforman aquí en obra permanente mediante los arcos normales a los muros. A su vez, la columna central reduce la luz y, así, los empujes de los arcos; sin este apoyo intermedio —en realidad, una especie de sublime apuntalamiento permanente—, los empujes hubieran resultado excesivos incluso para muros tan gruesos, pero desprovistos de contrafuertes, como los de la ermita soriana.

Los arcos de resalto de estas pesadas bóvedas pregóticas revelan que, al contrario de lo que se ha dicho tantas veces, no fue el deseo de adelgazar los muros ni de horadarlos con amplios ventanales, sino la búsqueda de eficacia a la hora de cubrir los espacios, lo que llevó a crear los primeros esbozos de nervaduras. El grado de sofisticación vendrá dado por el progresivo cuidado puesto en la realización de los arcos, lo cual permitirá que esos elementos funcionales queden, una vez concluida la construcción, expuestos como parte del ornamento y, por su acuerdo con la misma construcción, del orden compositivo del edificio: así podemos entender en parte las bóvedas con arcos resaltados califales o románicas.[10]

Cuando la plementería se adelgaza y cobra ella misma su propia concavidad, y cuando el carácter estructural de las nervaduras es aprovechado para dirigir las cargas hacia puntos determinados y liberar al resto de ellas, será cuando podemos suponer que nace el modo gótico de construcción.

Notas

1. De época romana no se conservan, al parecer, representaciones de cimbras (Adam, Jean-Pierre. 1996. *La construcción romana, materiales y técnicas*. León: Editorial de los Oficios).
2. Sobre el papel de los nervios y la plementería, véase Abraham 1934.
3. La iglesia riojana de Villavelayo, muy reformada posteriormente, conserva parte de la torre mozárabe, visible sobre todo desde el interior del templo (López de Silanes, José Ignacio. 2000. *Rutas románicas en La Rioja*. Madrid: Encuentro). Después del trabajo citado, Merino de Cáceres publicó otro artículo sobre la torre de San Millán (Merino 2006).

4. Trabajo coordinado por Ignacio Hernández y financiado por la Fundación Cultural Santa Teresa. Estamos preparando la edición de los dibujos con textos de José Luis Gutiérrez Robledo, de Ignacio Hernández y del autor.
5. La interpretación de estas bóvedas se la dimos a tres alumnas del máster de restauración de la Universidad de Alcalá de Henares, de acuerdo con la cual las reseñaron en una publicación (Miño, Panceira y Hermoso 2003).
6. A nosotros nos puso sobre aviso Marcos Zorraquino, un constructor local. Que sepamos, este interesantísimo cimbrado no ha sido publicado nunca.
7. Según Enrique Rabasa, el tratado de Gelabert (siglo XVII) es el único que se refiere a la plementería, aunque describiendo una manera «tardía y de tradición local» (Rabasa 2005).
8. Huerta Fernández, Santiago y Rabasa Díaz, Enrique. 2001. «Estereotomía y cálculo de estructuras en la reconstrucción de una bóveda del siglo XVIII: Pazo de Antequeira (La Coruña)», *Obra Pública. Ingeniería y territorio*, 57, pp. 60–69.
9. Datos de un trabajo aún inédito.
10. La alumna de la ETSAM Carmen Pérez de los Rios ha elaborado un interesante trabajo, «Bóvedas hispanas de arcos cruzados», que esperamos tenga continuación.

Lista de referencias

Abraham, Paul. 1934. *Viollet le Duc et le rationalisme medieval*. París: Vincent, Fréal & Cie.

Argan, Giulio Carlo y Bruno Contardi. 1992. *Miguel Ángel arquitecto*. Milán: Electa.

Cadiñanos Bardeci, Inocencio. 1986. *El valle de Tobalina*. Quintana Martín Galíndez: Ayuntamiento del Valle de Tobalina.

Choisy, Auguste. [1899] 1929. *Histoire de l'Architecture*. París: Georges Baranger.

Conant, Kenneth John. 1991. *Arquitectura carolingia y románica*. Madrid: Cátedra.

Fitchen, John. 1961. *The construction of Gothic Cathedrals*. Oxford: Clarendon Press.

Graciani, Amparo (Ed.). 2000. *La técnica de la Arquitectura medieval*. Madrid: Universidad de Sevilla.

Hatot, Thierry. 2001. *Batisseurs au Moyen Age*. Clermont-Ferrand: L'Instant Durable.

Huerta, Santiago. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Huerta, Santiago y Antonio Ruiz. 2006. Some notes on gothic building processes: the expertises of Segovia cathedral. *Proceedings of the Second International Congress on Construction History*. Cambridge: Queens' College.

Jiménez Esteban, Jorge. 1993. *Castillos de Guadalajara*. Madrid: Acción Divulgativa.

Menéndez-Pidal, Gonzalo. 1986. *La España del siglo XIII*. Madrid: Real Academia de la Historia.

Merino de Cáceres, José Miguel. 2005. La torre de la iglesia de San Millán de Segovia y su construcción. *Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Merino de Cáceres, José Miguel. 2006. La torre mozárabe de la iglesia de San Millán de Segovia y su construcción. *Estudios segovianos* tomo XLVIII, 104. Segovia: Real Academia de San Quirce.

Miño, Almudena, Panceira, Luz Mariana y Hermoso, María José. 2003. *El castillo de Molina de Aragón. Un proyecto integral de recuperación del patrimonio*. Alcalá de Henares: Máster de Restauración.

Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal.

Rabasa Díaz, Enrique. 2005. Construcción de una bóveda de crucería en el Centro de los Oficios de León. *Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Torres Balbás, Leopoldo. [1946] 1985. Bóvedas romanas sobre arcos de resalto. En *Obra dispersa, 10*. Madrid: Instituto de España.

Viollet-le-Duc, Eugène-Emmanuel. [1859] 1996. *La construcción medieval*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Arte y cultura de la construcción histórica del Abruzzo 1: las estructuras verticales

Claudio Varagnoli
Fabio Armillotta
Anna Di Nucci
Clara Verazzo

El presente trabajo[1] tiene por objeto, el estudio de las técnicas de construcción del acervo arquitectónico histórico del área del Abruzzo Citerior, la cual coincide a grosso modo con la provincia de Chieti, situada al sur del río Pescara. Se trata de un área que se caracteriza básicamente por construcciones pobres, sometidas a menudo a la acción devastadora de terremotos y derrumbes, y correspondientes a las características morfológicas de la región.

La coexistencia de macizos montañosas y de zonas llanas, che se alternan a extensas zonas de colinas, han determinado a lo largo de los siglos la difusión de técnicas y sistemas de construcción muy diversos entre sí, según los recursos disponibles. Los materiales utilizados pueden variar desde la piedra bruta o semi-labrada —en las zonas montañosas—, hasta los ladrillos —en la zona costera—. En las zonas subapenínicas y de semi-colina las piedras y los ladrillos se usan de manera conjunta. Esta unión da origen a obras mixtas, en las que tal vez, la alternancia de los elementos persigue también un fin decorativo.

La escasez de fuentes en los archivos y de estudios específicos sobre este tema han provocado que el presente trabajo tenga como norte la observación y el registro directo, que se tornan instrumentos del conocimiento de la cultura relativa a la construcción del área, favorecidos, generalmente, por el absoluto estado de abandono de completos centros habitados, en lo que hay enteras urbanizaciones en ruinas, que permiten un estudio de la construcción en sus tres dimensiones.

Los casos analizados arrojan una gran variedad de soluciones referidas al período comprendido entre los siglos XIII y XVIII. Para este estudio han sido analizadas y clasificadas solo las obras referidas a la construcción menor, la cual representa en Abruzzo, la parte mas importante del patrimonio arquitectónico. No se han dejado de lado, sin embargo, las obras de la arquitectura monumental, que se caracteriza por un mayor esmero en la ejecución, técnicas de construcción más avanzadas, materiales más valiosos y el aporte de mano de obra especializada.

Debido a que en el área que constituye el objeto de nuestro estudio, el empleo del ladrillo es menor que de la piedra, —con la que se combina como material reutilizado en la parte interna del paramento de los muros o para introducir cuñas y/o estratos horizontales en los paramentos irregulares— el presente trabajo de investigación estará limitado a las obras de piedra exclusivamente.

El estudio de la materia ha arrojado los siguientes datos:

a. tipo de materiales y procedencia;
b. elaboración y acabado de los elementos individualmente considerados;
c. tamaño de las piezas individuales y de la sección (en caso de posibilidad);
d. características de la puesta en obra;
e. características macroscópicas de la argamasa para estratificación y de su colocación.

Se ha determinado el uso dominante de la piedra caliza, empleada sobretodo en la construcción de estructuras principales, a menudo en combinación con materiales erráticos y de aluvión.

Entre los paramentos principales, útiles para determinar y clasificar las obras de albañilería, tenemos el labrado del elemento lapídeo y su puesta en obra, que permiten distinguir categorías de obras llevadas a cabo según lógicas de construcción diversas y por talleres con niveles profesionales y experiencias distintas. Las muestras halladas tienen un tamaño de 2 m × 2 m y hacen posible la identificación de tres tipologías de obras de albañilería principales, establecidas de conformidad con su calidad técnica: obras de albañilería en piedra no labrada, obras de albañilería en piedra semilabrada y obras de albañilería en piedra labrada. Cada una de ellas se divide a su vez en subclases, establecidas en relación a características de cantidad y de calidad, según el esquema siguiente:

Obras de albañilería en piedra no labrada

- estructura irregular sin curso horizontal, constituida por material diverso y/o no uniforme, con o sin cuñas;
- estructura irregular constituida por material no trabajado o poco trabajado, colocado en dirección sub-horizontal;
- estructura irregular constituida por material heterogéneo colocado en hilera;
- estructura irregular constituida por piedra bruta y bloques partidos dispuestos horizontalmente con intervalos regulares y/o materiales reutilizados;

Obras de albañilería en piedra semi-labrada

- estructura de piedra bruta o piedras de cantería escuadradas, dispuestas en cursos sub-horizontales y paralelos;
- estructura en cursos paralelos y horizontales;

Obras de albañilería en piedra labrada

- estructura con piedras de cantería dispuestas en cursos paralelos y horizontales, no isométricos;
- estructura con piedras de cantería dispuestas en cursos no isométricos y ligeramente ondulados.

Obras de albañilería en piedra no labrada. Las obras de albañilería en piedra no labrada están formadas por materiales muy heterogéneos: bloques de cal poco trabajados (exfoliados o partidos), piedra bruta, mampuestos y fragmentos, piedras de rio, material errático, al igual que fragmentos de ladrillos, bloques, barro y tejas, colocadas de manera irregular y con una hechura che varía de caso en caso. La puesta en obra de materiales no trabajados o poco trabajados, de calidad y dimensiones tan distintas, presuponía una cierta pericia de quienes aportaban la mano de obra, especialmente para establecer una unión eficaz entre los paramentos exterior e interior y el núcleo de la pared. El gran número de ejemplos encontrados y los distintos tamaños de las piedras brutas empleadas (en su mayoría caliza compacta), han creado muchas dificultades a la hora de comprender la modalidad de la puesta en obra, debido a la escasez de elementos de tamaños notables, el gran porcentaje de astillas y fragmentos de ladrillos y la gran variedad de las juntas de mortero (fig. 1).

En la subdivisión de las obras de albañilería en piedra no trabajada, surgen dificultades debido a la elaboración de núcleos con astillas y fragmentos compactados, independientemente del tipo de paramentos. Por esta razón, para poder subclasificarlas se ha recurrido a tres modalidades distintas de puesta en obra,

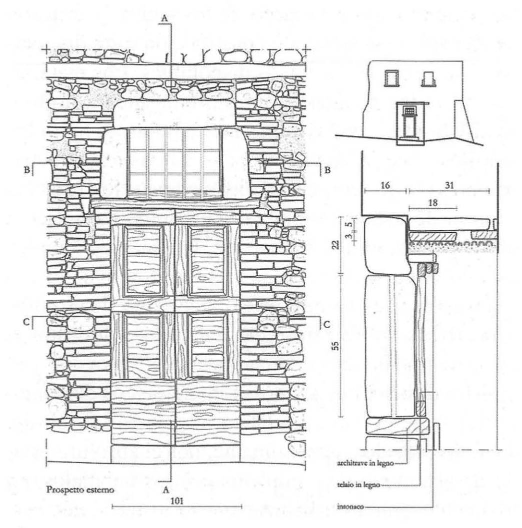


Figura 1
Albañilería mixta. Borgo Faraone (Te), casa campesina

las cuales se definen respectivamente: irregular, irregular dispuesto horizontalmente y en hileras. A esta subdivisión general se agrega otra categoría referida a los paramentos en los que se emplea en forma conjunta piedras no labradas y piedras semi-labradas.

Estructuras irregulares

La tipología examinada está constituida por muros irregulares, y se caracteriza por piezas bastante desiguale en las formas y en las dimensiones y un porcentaje importante de cuñas (fig. 2).

Un ejemplo interesante ha sido hallado en el castillo de San Valentín, en Abruzzo Citerior, en la provincia de Pescara. El muro interno del patio, cuya data se estima entre el final de siglo XIII y la primera mitad del siglo XIV, presenta una estructura compuesta por elementos pequeños y medianos, de longitud inferior a 40 cm (alrededor de un palmo y medio) y alturas contenidas entre los 30 cm (el promedio es de 27 × 9 × 15 cm), colocados con espesas juntas de mortero. En la torre norte del castillo, la estructura, aún y cuando se caracteriza por una variedad importante en los tamaños de las piezas, presenta un claro dominio de piezas grandes y medianas con lungitudes máximas superiores a 40 cm (el promedio es de 35 × 18 × 22 cm), armados con espesas juntas de



Figura 2
Ejemplo de albañilería irregular

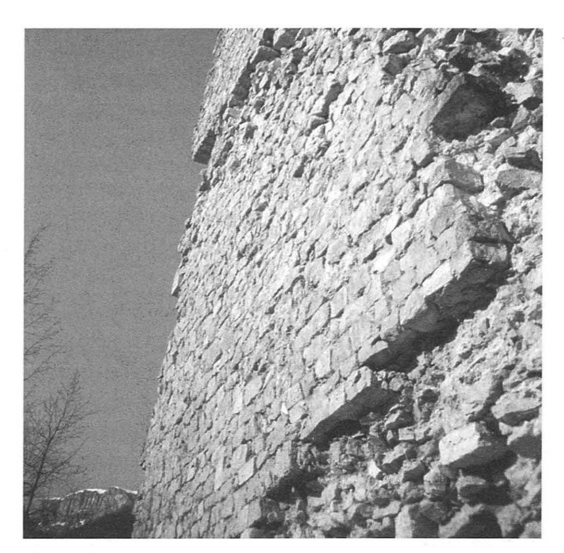


Figura 3
Ejemplo de albañilería con núcleo interior

mortero, y grandes fragmentos lapídeos utilizados como cuñas. Lo mismo puede decirse de la estructura de los muros de la torre sur, donde el promedio es de 32 × 10 × 16 cm. Los núcleos inspeccionados presentan, entre los paramentos, una compactación de astillas y fragmentos lapídeos semejantes tanto en el tamaño como en la forma, a las piedras brutas detectadas en los mismos paramentos.

Entre los ejemplos de estructuras irregulares tenemos también aquel que se encuentra en el paramento lateral de la parte sureste del campanario de la iglesia de Santa Eufemia situada en Fara Filiorum Petri, perteneciente al siglo XIII: piedras brutas de pequeñas dimensiones, de una longitud máxima de 27 cm, altura contenida entre los 20 cm y elementos medianos que oscilan entre los 9 × 7 y 14 × 8 cm, realizadas gracias a un importante número de cuñas, mientras que el núcleo, constituido por astillas y fragmentos lapídeos de pequeñas dimensiones, es compactado (fig. 3).

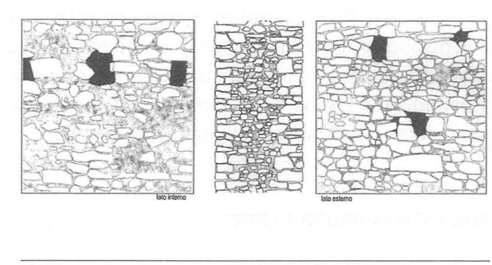
Estructuras irregulares con cursos horizontales

Esta tipología agrupa a las obras de albañilería con paramentos aún irregulares, pero marcados por líneas horizontales colocadas a distancias variables, generalmente no superiores a los 50 cm; aunque los estra-

tos horizontales no son precisos, son perfectamente detectables a través una visión de conjunto.

En la puesta en obra de las piezas, la construcción de paramentos sigue un esquema según el cual cada faja está constituida por una primera colocación de piezas grandes seguidas por elementos más pequeños. El caso de elementos que tienen una altura igual a la altura de la faja en la cual están insertados, es menos común. Como consecuencia de esto se obtienen obras de albañilería con características muy variadas, que presentan una gama de posibilidades que van desde la textura homogénea, a aquellas que utilizan fragmentos de piedra de medianas y grandes dimensiones, de formas irregulare y astillas o fragmentos de ladrillos. El núcleo de este tipo de albañilería refleja en casi todos los casos, una compactación de astillas y fragmentos lapídeos de tamaños medianos y pequeños.

En toda el área objeto de estudio han sido hallados interesantes ejemplos. Una muestra de muro, perteneciente al período transcurrido entre los siglos XII y XIII, que se caracteriza por estar compuesta de astillas y fragmentos colocados en estratos sub-horizontales, distantes 30–40 cm entre si, ha sido hallado a lo largo de la pared septentrional de la iglesia de San Tommaso, en Caramanico Terme, provincia de Pescara. En Roccamontepiano (Ch), localidad de Santa Maria delle Grazie, ha sido individuada una obra hecha de piedras brutas y fragmentos irregulares colocados en modo homogéneo, que en la zona cercana a los cursos de regularización del muro (*ripianamenti*) muestra fragmentos de ladrillos procedentes generalmente de bloques y tejas. Los cursos de regularización del muro tienen una distancia promedio de alrededor 50 cm y los ladrillos son colocados horizontalmente sobre un abundante estrato de mortero, que contiene muchos fragmentos de piedras y ladrillos, con lo que se determina que la obra es posterior al siglo XVI. Otro ejemplo ha sido hallado en los vestigios de dos edificios ubicados en Salle Vecchia (Pe): en el primer caso la obra está formada por piedras brutas irregulares con cursos horizontales discontinuos, formados por fragmentos de bloques. Las piedras brutas gris/ocre están apenas labradas, con dimensiones promedio de 20 × 13 × 22 cm, mientras que las inserciones de ladrillo tienen tamaños medianos de 2 × 7 × 14 cm. El núcleo presenta fragmentos y desechos de pequeñas dimensiones. En el segundo caso, los muros están compuestos por piedras brutas



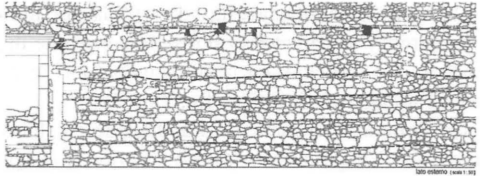


Figura 4
Ejemplo de albañilería en piedra con cursos subhorizontales y paralelos. Taranta Peligna (Ch), iglesia de S. Biagio, XVI siglo

irregulares con cursos horizontales discontinuos. Los elementos lapídeos han sido apenas desbastados y tienen dimensiones promedio de 20 × 13 × 18 cm. El aglomerante está constituido por cal gruesa y arena. El núcleo contiene fragmentos y desechos de pequeñas dimensiones. Para finalizar, en los vestigios de la iglesia de San Biagio en Taranta Peligna (Ch), ha sido hallado el tipo irregular con cursos sub-horizontales tanto en el ábside como a lo largo de la pared lateral nordeste (fig. 4). El muro del ábside está constituido por piedras brutas calizas de dimensiones variables, con longitudes máximas de 80 cm y alturas máximas de 23 cm, y fragmentos lapídeos. El núcleo está encastrado, quizás por causa de su espesor de alrededor 60 cm, y representa uno de los raros casos hallados. La pared lateral está caracterizada por piedras brutas de tamaños distintos bién a lo largo del lado interior así como el del exterior, respectivamente con longitudes máximas variables entre 50 y 60 cm. y alturas máximas contenidas entre 24 y 26 cm. El núcleo muestra un contenido predominante de fragmentos, astillas y pedazos de cal compactados.

Estructuras irregulares en hileras

Aún y cuando son muchas las dificultas que presenta esta tipología de obra, al momento de determinar su

datación, es posible reconocer un tipo mas antiguo perteneciente al siglo XIII, realizado con piedras brutas irregulares de mediano tamaño y poco mortero, y otro perteneciente al siglo XV, en el cual los elementos asumen formas y dimensiones mas regulares, colocados con una mayor cantidad de mortero y con cuñas útiles a rellenar las faltas y alinear las hileras.

En general, la diferencia entre los muros irregulares, con o sin cursos horizontales y los muros dispuestos en hileras consiste en el proceso de selección y montaje de los elementos lapídeos. Efectivamente, en el primer caso, la selección estaba dirigida a garantizar una distribución homogénea de las piezas con dimensiones distintas para favorecer el engranaje; en el segundo la disposición de las piedras brutas se producía en sentido linear, cuidando sobretodo el acoplamiento del material en la parte interior de la misma hilera. De esta manera el muro se presenta como el resultado de la suma de dos fundas y un plano de relleno. La disposición de las piedras brutas en líneas horizontales denota regularidad en la elaboración del muro, en el cual, cada parte interna de la pared contiene la misma cantidad de mortero repartida entre las hileras; esto evita el hundimiento en el asentamiento, producto de la capacidad de resistencia desigual entre el mortero y la piedra. Debido a las forma de los elementos lapídeos, los cursos no siguen nunca una línea horizontal precisa, son sin embargo siempre realizados antes de la puesta en obra y dimensionados en base a la altura promedio de la hilera (fig. 5).

De la observación sobre el campo se han obtenido algunos ejemplos interesantes. En los restos de la ya mencionada iglesia de Santa Eufemia (siglo XIII) en Fara Filiorum Petri, el muro del ábside contiene ladrillos en lugar de algunas hileras. Se trata de pedazos de bloques, probablemente reutilizados, dispuestos en una faja única o doble, en algunos puntos, para regular la hilera. El uso de piedras brutas de tamaños distintos, con cursos horizontales, colocadas con mortero de cal y fragmentos de ladrillos está presente también en las paredes che cierran el perímetro de la iglesia.

En algunas fachadas del centro histórico de San Valentino en Abruzzo Citerior, han sido halladas algunas obras de albañilería, pertenecientes al período comprendido entre los siglos XII y XIV, realizadas con piedras brutas colocadas en hileras contínuas, localmente onduladas o inclinadas, que en algunos ca-

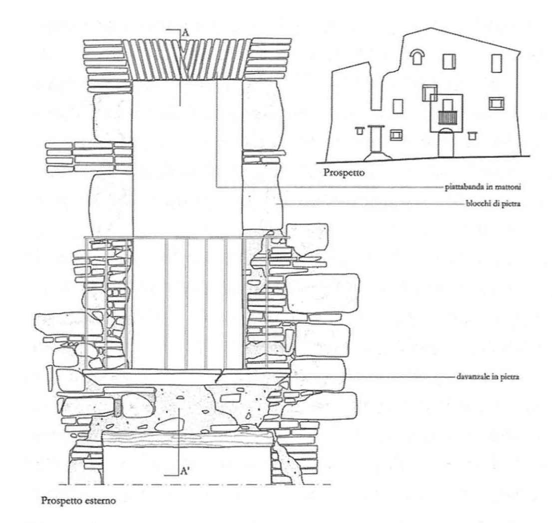


Figura 5
Albañilería mixta. Borgo Faraone (Te), casa campesina, detalles

sos presentan cuñas para regular los cursos. Los muros estón formados por piedras brutas calizas, cuyas tamaño mas frecuente es de 15 × 12 × 16 cm y presenta cursos horizontales con una distancia promedio de 14 cm.

Resulta también interesante, el uso combinado de elementos lapídeos y ladrillos en los restos del paramento de los muros del castillo de Archi, cuyas hileras están colocadas a una distancia de alrededor 52 cm. Por lo que respecta al núcleo de la pared, no se trata de un verdadero saco: en su interior, las piedras no labradas y los fragmentos procedentes del labrado de las mismas, están bien compactadas en estratos de altura variable y mezcla de mortero

Estructura en piedra no labrada y semilabrada

La realización de obras de albañilería con piedras brutas mixtas en bloques parece encontrar su fundamento en la voluntad de regular las texturas a través de la introducción de bloques dispuestos en cursos mas o menos ordenados, con la ventaja de reducir tempo y costes, que se obtenía utilizando todos los restos que quedaban después de haber trabajado las piezas principales. En tales obras, en las cuales los

bloques son casi siempre mas granes que las piedras brutas, se nota una búsqueda del encaje entre los diversos elementos lapídeos, —con los bloques acoplados sobre cursos mas o menos regulares (ondulados, inclinados o sub-horizontales)— y las otras piezas colocadas en modo oportuno para rellenar los espacios vacíos y para nivelar los lechos de colocación siguientes (fig. 6).

La observación del paramento de los vestigios de una casa rural en Salle Vecchia, perteneciente a los siglos entre XVI y XVII, denota la distribución del material lapídeo, constituido por elementos de grandes dimensiones (alrededor de 18 × 36 × 25 cm) los cuales, alternándose con piezas mas pequeñas, de medidas variables (la dimensión mas frecuente es de 7 × 10 × 8 cm), penetran en profundidad en la pared y se conectan con el núcleo. Se dedica una especial atención al engranaje de las piedras más grandes con las más pequeñas y al desplazamiento de las juntas. El mortero, no acabado en la superficie, es homogéneo y su espesor varía desde 0,5 cm a 1,5 cm.

Esta categoría contiene también las obras de albañilería realizadas con piedras brutas colocadas de manera irregular y asociadas a piedras de cantería recuperadas de estructura anteriores procedentes de la época romana o medieval; se trata de ejemplos donde el material de nuevo empleo y el reutilizado respetan lógicas de montaje generalmente independientes y casuales. Debido a la gran difusión del fenómeno de la reutilización, es difícil determinar con precisión la data de estas obras, probablemente pertenecientes al período comprendido entre los siglos XIV y XVII. De igual modo es difícil reconocer la evolución de la puesta en obra, ya sea por los elementos que son reutilizados, que por aquellos de nueva fabricación, aunque el objetivo principal era siempre el de utilizar las piezas mejor hechas en las zonas estaticamente importantes, como ángulos y travesaños (fig. 7).

Un caso particularmente interesante es el del ángulo de la fachada principal del palacio Tabassi en Musellaro (Pe), perteneciente al periodo entre los siglos XVI y XVII, constituido por bloques de piedra escuadrada y parcialmente desbastada, a los cuales se anexan elementos reutilizados con base rectangular y con dos dimensiones, la altura y la longitud, que prevalecen sobre el espesor. La unión entre los dos paramentos se produce en los dos niveles, alternando la superficie de cabeza (espesor-longitud) a la superficie frontal (lungitud-espesor). Los tamaños de las piezas del angular, singularmente consideradas, son de 50/60 × 40/50 cm, mientras que las piedras perpendiculares *(diatoni)* presentan dimensiones equiva-

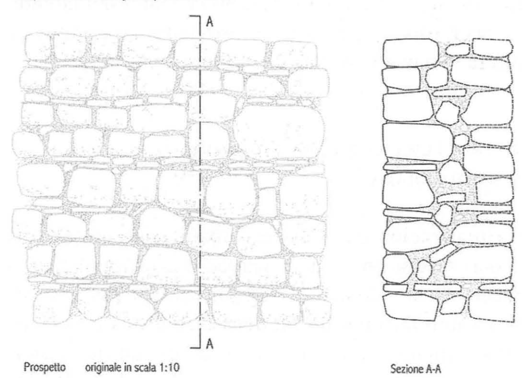


Figura 6
Ejemplo de albañilería en bloques

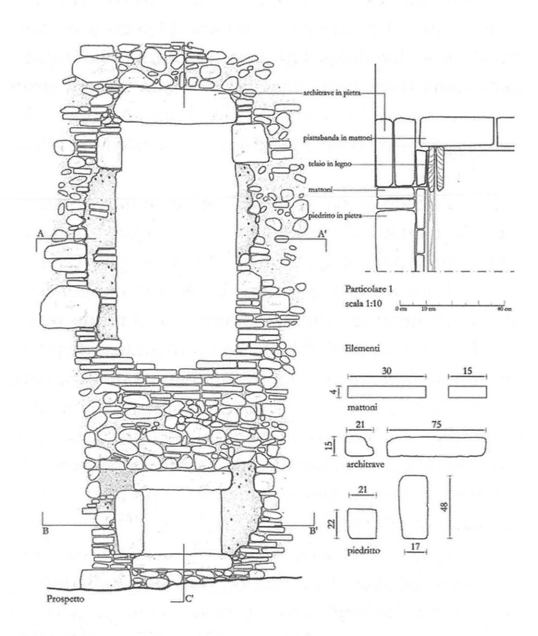


Figura 7
Albañilería mixta. Borgo Faraone (Te), casa campesina, detalles

lentes a 25/30 × 18/20 × 70 cm. El porcentaje de mortero empleado, a base de cal y arena de río, no es muy elevado, sin embargo, gracias a la buena estructura, la albañilería no presenta grandes problemas de tipo mecánico.

Obras de albañilería en piedras semilabrada

Las obras en piedra semilabrada son realizadas con materiales lapídeos escuadrados colocados con cierta aproximación, con superficies desbastadas y aristas redondeadas. La estructura suele ser bastante regular y presenta modificaciones en la construcción, ya que los elementos están colocados a denudo, en fajas sobre hilera continuas; además, la junta de mortero es mas acabada lijada al ras de la piedra de cantería con un espesor variable. Las diferencias entre los paramentos del mismo tipo se encuentran exclusivamente en las dimensiones de los bloques empleados.

En muchos paramentos la irregularidad del material ha provocado la realización de cursos con piedras brutas desdobladas para tratar de recuperar una cierta horizontalidad, que frecuentemente se obtenía también mediante la inserción de cuñas (fig. 8).

Un interesante ejemplo ha sido hallado en la torre de defensa de Musellaro, en la cual se encuentran ejemplos de estructuras de bloques realizadas solamente con material lapídeo, con hileras regulares y a veces desdobladas, compuestas por pequeños bloques, generalmente de dimensiones homogéneas. Los muros compuestos por elementos de piedra caliza son bastante regulares, con piedras brutas y bloques partidos pero no escuadrados, y cursos horizontales cada 60–70 cm. La presencia de piedras perpendiculares (*diatoni)* no es regular y no es posible analizar el interior, a excepción de un lado en el cual la pared presenta un intersticio de alrededor 60 cm de longitud aproximadamente. Las piedras están perfectamente encajadas entre sí, siendo el espesor del mortero, la cal y la arena de rio, casi ausente.

En el paramento de los muros del castillo de San Valentino en Abruzzo Citerior, la estructura presenta hileras de piedras y ladrillos que repone una cierta homogeneidad estilística y cromática a la fachada. Bloques y tejas de dimensiones y alturas distintas están colocadas sobre una hilera única o a veces se introducen como cuñas: se trata de material de desecho y fragmentos, producto de derrumbes, posteriormente reutilizados. En este tipo de muros, la estructura irregular del material de piedras brutas se encuentra presente en el curso y hasta las esquinas, costituidas por piedras de cantería escuadradas de materiales mas resistentes. El uso de piedras angulares favorece

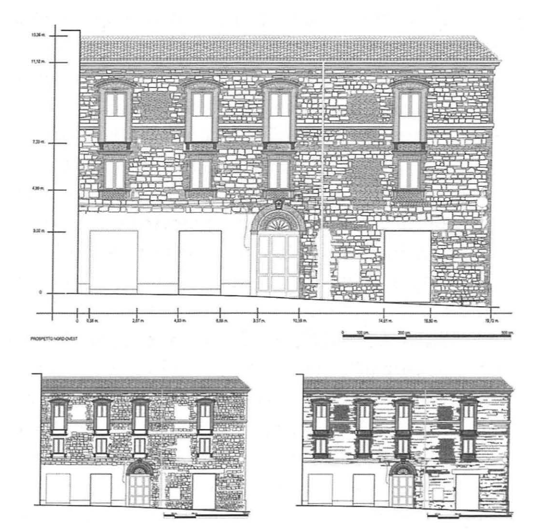


Figura 8
Ejemplo de albañilería mixta. Atessa (Ch), s. XIX

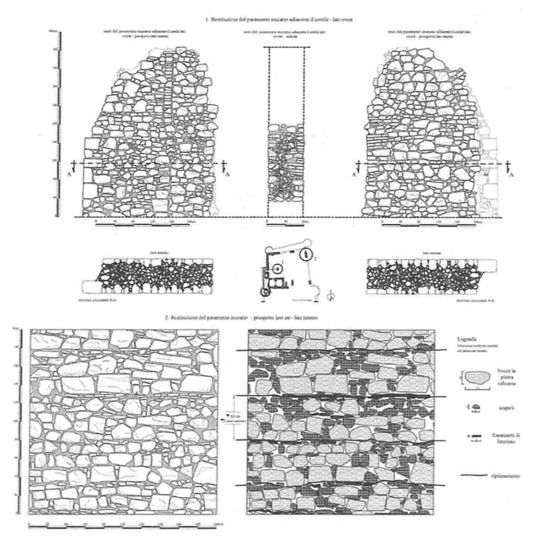


Figura 9
Ejemplo de albañilería en piedra. Castillo de Archi (Ch), s. XV–XVI

la geometrización de todo el paramento de los muros, y generalmente forma una estructura mas estable desde el punto de vista mecánico (fig. 9).

Los muros del rincón del patio interior del palacio (siglo. XVII) en Musellaro, están formados por caliza de la Maiella, desbastada y cortada probablemente en la cantera y acabada en la obra. La base está constituida por dos parte: la parte moldeada es un elemento monolítico de piedra caliza, mientras que la parte restante es de ladrillo. El ángulo o esquina está constituido por dos bloques de piedra escuadrada para cada nivel, colocados en modo de alternar la superficie de cabeza con la superficie frontal. El aglomerante utilizado está formado por mortero, cal y arena de río.

En Salle Vecchia, la albañilería del rincón de los vestigios de una construcción (siglo XVIII) está formada por un revestimiento exterior de dovelas regulares, una parte interior de piedras brutas y un relleno de mortero y fragmentos de piedra. Las dovelas de *piedra gentil* de color amarillo-claro, escuadrados, con aristas redondeadas y aplanadas con una *gradina* (especie de escoplo dentado), tienen como dimensiones promedio 25 × 45 × 26 cm. El aglomerante está formado por cal gruesa y arena y tiene un espesor, que varía de 0,5 a 1 cm (fig. 10).

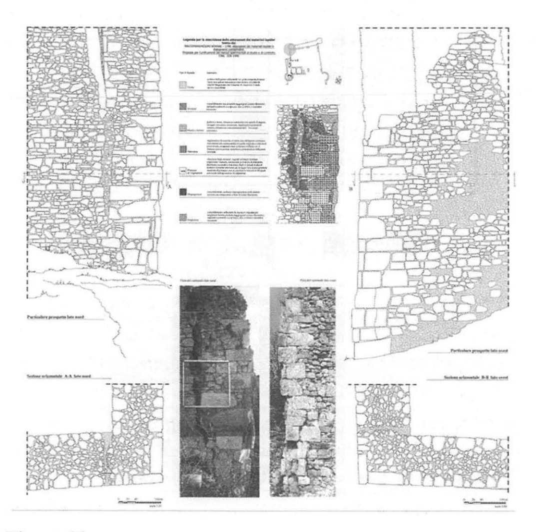


Figura 10
Ejemplo de albañilería en piedra. Castillo de Archi (Ch), s. XV–XVI

Obras de albañilería en piedra labrada

En el grupo de las obras de piedra labrada han sido incluidas las estructuras constituidas esencialmente por piedras de cantería escuadradas y aplanadas de dimensiones grandes o medio-grandes, labradas casi siempre sobre cinco caras, de las cual, aquella a vista con aristas vivas, realizadas en su mayoría con calizas compactas o travertino y puestas en obra con cursos horizontales y paralelos. Generalmente esta estructura presenta dos paramentos distintos, el exterior con piedras de cantería casi escuadradas y el interno con bloques labrados de manera más ordinaria, con el núcleo de la pared realizado como un saco. En los casos analizados la separación entre los paramentos de los muros es una característica que se repite, a pesar de la presencia de piedras labradas como una cuña, para una mejor prensa entre piedras de cantería y núcleo, evidentemente no suficientes para garantizar la eficacia estática.

Las piedras de cantería están colocadas casi siempre en fajas y las piedras perpendiculares (*diatoni)* son escasas; las juntas son finas y con poco mortero, a veces en hileras. Las hileras poseen casi siempre una altura constante; algunas variaciones pueden ser apreciadas en la medida en que se continúa en altura.

Las estructuras están constituidas por piedras de cantería que no poseen una superficie totalmente escuadrada. Los ángulos son ligeramente redondeados y la cara exterior no es siempre aplanada ni labrada finamente (fig. 11).

Las hileras horizontales muestran alguna variación, con inserciones esporádicas de cuñas, pero son bastante regulares en la altura, subdivididas por juntas finas con poco mortero. Resulta emblemático el caso de la construcción estudiada en una casa abandonada en Serramonacesca, perteneciente al periodo entre los siglos XVII y XVIII, en la cual grandes piedras de cantería calizas (la dimensión mas frecuente es de 35 × 55 × 25 cm) son acoplado la una a la otra, subdivididas por juntas de mortero, que en algunos puntos se tornan espesas, dando cabida a las cuñas.

Debemos distinguir entre estructuras de piezas perfectamente escuadradas y aplanadas, generalmente acabadas con una cinta perimetral y colocados en hileras horizontales, bien yuxtapuestos, mas no isométricas, y estructuras menos regulares, constituidas, de todas maneras, por elementos bien escuadrados y rebordeados, tipo cuñas, hacia el interior, aplanados

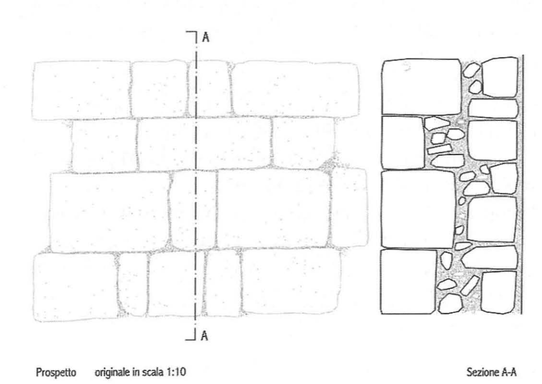


Figura 11
Ejemplo de obra labrada

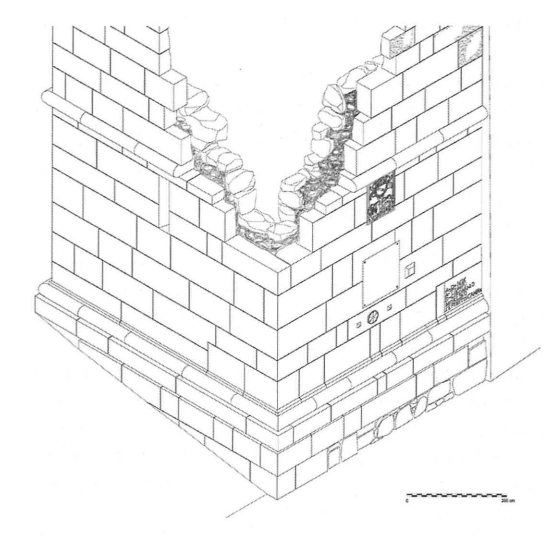
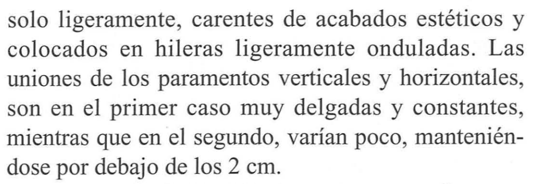


Figura 12
Ejemplo de albañilería en piedra labrada. Taranta Peligna (Ch), iglesia de S. Biagio, s. XVI



solo ligeramente, carentes de acabados estéticos y colocados en hileras ligeramente onduladas. Las uniones de los paramentos verticales y horizontales, son en el primer caso muy delgadas y constantes, mientras que en el segundo, varían poco, manteniéndose por debajo de los 2 cm.

En la iglesia de San Biagio en Taranta Peligna, en los restos de su campanario, han sido encontradas y analizadas unas estructuras en cursos horizontales y paralelos, pertenecientes a la segunda mitad del siglo XVI. Piedras de cantería de dimensiones grandes y medianas, escuadradas y aplanadas, colocadas en hileras paralelas, echados con cal, con juntas de un espesor no superior a 0,5 cm (fig. 12). En referencia a las herramientas de trabajo, en Fara Filiorum Petri, sobre las piedras de cantería calizas del campanario de la iglesia de Santa Eufemia (siglo XIII), es posible ver aún los signos dejados por *la martellina.*

Ejemplos de estructuras de piedras de canterías escuadradas con hileras ligeramente onduladas han sido encontradas en Salle Vecchia, en los paramentos de cierre perimetral de los vestigios de dos casas aisladas: en el primer caso la construcción posee un revestimiento exterior de piedras de canterías irregulares, cuya parte interna se restringe, de manera que, pueda encajarse mejor a los otros muros. Las piedras de canterías de piedra *gentil* amarillo-claro son escuadradas y desbastadas, con dimensiones promedio de 21 × 32 × 23 cm. El aglutinante está formado por cal gruesa y arena con un espesor que varía desde 0,5 a 1 cm. El núcleo presenta astillas y desechos de pequeñas dimensiones. En el segundo caso la estructura está revestida externamente con piedras de canterías regulares escuadradas y aplanadas, de dimensiones de 17 × 40 × 22 cm. El mortero está formado por cal gruesa y arena con un espesor que varía desde 0,5 a 1 cm; el núcleo contiene astillas y desechos de pequeñas dimensiones.

Esquematizando las informaciones analíticamente obtenidas sobre el territorio, resulta evidente en primer lugar, el predominio claro de las estructuras de albañilería en piedra no labrada, en relación a las estructuras semilabradas y labradas. Tomando en cuenta la cronología, las construcciones exclusivamente de piedras brutas han sido realizadas de manera continua e ininterrumpida a lo largo de los siglos, con una mayor concentración entre los siglos XIII y XV y posteriormente desde el siglo XVII en adelante; las construcciones de piedra semilabrada resultan realizadas prevalentemente entre los siglos XVII y XVIII; las obras en piedra labrada, las encontramos tanto en el siglo XIII así como desde el siglo XVI en adelante.

Notas

1. Investigación coordinada por prof. Claudio Varagnoli y prof. Lucia Serafini, con Fabio Armillotta, Anna Di Nucci, Aldo G. Pezzi, Clara Verazzo, Enza Zullo.

Lista de referencias

Bonelli, R. 1989. «Archeologia stratigrafia e storia dell'architettura». En *Architettura, Storia, Documenti* 2: 5–10.

Chiarizia, G. 1990. *Centri storici della Val Pescara dal medioevo ai giorni nostri*. Pescara.

D'Aprile, M. 2001. *Murature angioino-aragonesi in Terra di Lavoro*. Napoli.

De Angelis D'Ossat, G. 1971. «Tecniche edilizie in pietra e laterizio». En *Atti della XVIII settimana di studi del Centro italiano di studi sull'alto medioevo* (Spoleto, 2–8 aprile 1970), 545–557. Spoleto.

Demangeot, J. 1965. *Géomorphologie des Abruzzes adriatiques*. Paris.

De Mauro, M. 2006. *Tecniche costruttive murarie medievali. La Sabina*. Roma.

Fiengo, G. 1999. *Murature tradizionali napoletane. Cronologia dei paramenti murari tra il XVI ed il XIX secolo*. Napoli.

Fiorani, D. 1997. *Tecniche costruttive murarie medievali. Il Lazio meridionale*. Roma.

Furlani, V. 1987. *Cultura del minore*. Chieti.

Gavini, I.C. 1915. «I terremoti d'Abruzzo ed i suoi monumenti». En *Rassegna Abruzzese di Scienze, Lettere ed Arti*. A. XXX: 235–240.

Mammarella, L. 1990. *Terremoti in Abruzzo*. Cerchio (Aq).

Mannoni, T. 1976. «L'analisi delle tecniche murarie medievali in Liguria». En *Atti del Convegno Internazionale di Archeologia Medievale* (Erice-Palermo, 1974), 291–300. Palermo.

Ortolani, M. 1961. *La casa rurale in Abruzzo*. Firenze.

Parenti, R. 1985. «La lettura stratigrafica delle murature in contesti archeologici e di restauro architettonico». En *Restauro e città*. Roma. 2: 55–68.

Parenti, R., 1987. «Una proposta di classificazione tipologica delle murature post-classiche». In Biscontin, G., R. Angeletti, (a cura di), *Conoscenze e sviluppi teorici per la conservazione di sistemi costruttivi tradizionali in muratura*. Atti del Convegno di Bressanone. Padova, 49–61.

Rodolico, F. 1965. (I ed. 1953). *Le pietre delle città d'Italia*. Firenze.

Sacco, F. 1907. Gli Abruzzi. Schema geologico. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, XXVI: 377–461.

Varagnoli, C. 2003. «Il cantiere tradizionale in Abruzzo: la ricerca documentaria e archivistica». En G. Fiengo, L. Guerriero (a cura di), *Atlante delle tecniche costruttive tradizionali. Lo stato dell'arte, i protocolli della ricerca, l'indagine documentaria*, Napoli, 155–164.

Varagnoli, C. 2000. *Materiali per un atlante delle tecniche costruttive in Abruzzo*. Roma.

Arte y cultura de la construcción histórica del Abruzzo 2: las estructuras horizontales

Claudio Varagnoli
Lucia Serafini
Aldo Pezzi
Enza Zullo

Las estructuras horizontales desempeñan un rol de gran importancia en la arquitectura histórica de Abruzzo,[1] al fungir no solo de cierre de los diferentes niveles sino también de elementos que dan estabilidad a la construcción, muy a menudo objeto de sismos y derrumbes. A pesar de las transformaciones de los últimos siglos, el acervo arquitectónico de la región, conserva aún una amplia gama de ejemplares, casi todos, producto de una cultura esencialmente rural, que ha puesto en marcha sus tecnologías de manera muy lenta, haciendo referencia a un recorrido histórico largo, por lo menos, seis o siete siglos.

El carácter aislado del Abruzzo, con áreas diversas, debido a la geomorfología y a los recursos materiales, ha favorecido, en cuanto se refiere a la construcción, una situación estrictamente ligada a la naturaleza de los lugares y a los medios disponibles. En las zonas del Gran Sasso y de la Maiella, donde domina la piedra caliza, el uso casi exclusivo de la misma, en la albañilería vertical, ha provocado el empleo de bóvedas de piedra, sobretodo en los ambientes subterráneos y en las plantas bajas de las casas, prefiriendo para los niveles superiores, el empleo de estructuras de madera, más ligeras. En las zonas de lindero entre la montaña y el mar y sobretodo a lo largo de toda la costa, es usual el empleo de bóvedas de ladrillo. La abundancia de arcilla y una larga tradición en el campo de la construcción, bien sea en la mano de obra, que en la tipología de trabajos, han producido un gran número de ejemplos, generalmente caracterizados por formas y tecnologías complejas, garantizadas sin duda, por la versatilidad del ladrillo y por su capacidad de ceder en favor trabajos mayormente elaborados.

Independientemente del material usado, las bóvedas de la construcción histórica de Abruzzo se limitan a pocos tipos, hallados generalmente en casas para habitación y palacios del Setecientos u Ochocientos. Bóvedas de cañón, con perfil casi siempre bajo, se encuentran sobretodo en los niveles inferiores y puestas sobre paredes limítrofes de distintas construcciones, de manera que constituyen un sistema estáticamente eficaz para toda la ciudad entera, caracterizado por un conjunto de elementos, que colaboran entre sí, de los cuales forman también parte los *muros a scarpa* de los prospectos y los llamados arcos *soprastrada*, también ellos estructuras a bóveda., de empuje entre casa y casa, aún presentes en algunos ejemplares existentes en diversas localidades del Abruzzo aquilano. Geometría de cañón tienen también las bóvedas de zaguanes y pasillos de los accesos a palacios, estructuras fortificadas, obras arquitectónicas realizadas con patios, y las cubiertas supérstites de muchas escaleras, con versiones muy originales en su desarrollo y con conexiones de las diversas rampas. La geometría de cañón es generalmente preferida para los ambientes rectangulares, donde los lados cortos son quizás doblados a forma de pabellón y los largos están formados por lunetos. La presencia de estas no siempre es funcional a la apertura de las ventanas, sirve solo para satisfacer la exigencia de aligerar la estructura, generalmente con

la presencia de piezas de soporte. De igual manera comunes, respecto a la bóvedas de cañón son las bóvedas de crucería y de pabellón, sobretodo las de ladrillos, preferidas en los ambientes cuadrangulares de la habitaciones, galerías, pórticos. Algo menos común son las bóvedas *de vela*, presentes sobretodo en palacios y edificios religiosos.

La preocupación de neutralizar el empuje de las bóvedas ha sido placada por la arquitectura local haciendo uso de recursos tan pobres como eficaces. El sistema mas utilizado es el de los *radiciamenti*, vigas de madera, generalmente de encina, insertadas en las paredes con la doble finalidad de absorber los empujes horizontales y prensar, en el caso de que abarquen todo el perímetro de las paredes, impidiendo su derrumbe. De distintos niveles técnicos, los ejemplos se encuentran dilatados a lo largo de todo el territorio de la región y evocan técnicas semejantes a aquellas de la *casa baraccata,* difusa, en el área del mediterráneo.

El uso de cadenas de hierro, que se introducen durante el curso de la obra, está ausente en la construcción básica y la encontramos solo en algún ejemplar de la construcción monumental. Es interesante el caso de las cadenas *a braga* usadas en los inicios del Ochocientos sobre el arco del coro de la iglesia de Santa Maria, en Vasto (Ch), realizadas ensamblando elementos horizontales y verticales, útiles a satisfacer las exigencias estáticas sin ofender la estética.

La respuesta a problemas de orden estático y funcional ha aportado de igual manera soluciones técnicas y formales de gran originalidad. Para reducir el empuje de las bóvedas a los niveles superiores de algunos palacios nobles del Ochocientos se decidió dar a las bóvedas una forma octagonal, o sea, utilizar bóvedas *de pabellón* apoyadas en las esquinas sobre vigas que redondean los ángulos y que a su vez se apoyan sobre pares de columnas.

Por lo que respecta los flancos es usual emplear material de descarte, generalmente colocado sin mortero debido a las conocidas condiciones de humedad expuestas por la teoría. Poco común es el uso de material de terracota, bajo forma de pequeñas vasijas, útiles para hacer mas libre la estructura, muy utilizadas en la región vecina de Molise y en toda la construcción centro meridional. Cuando las bóvedas tienen como función ser el soporte de pisos, el relleno se torna cada vez mas refinado, es decir se usan elementos necesarios para garantizar la estratificación y nivelación. Muchos son los casos en los cuales el relleno de los flancos se substituye en todo o en parte por murillos de sostén en relación a los muros perimetrales, los llamados *frenelli*, perpendiculares a las rectas que generan bóveda y a menudo de suporte al espesor trasdosal de refuerzo. Como alternativa a los *frenelli* se encuentran presentes en algún caso pequeñas bóvedas delgadas de cañón, llamadas *procelle*, también conocidas como *sordelle* en todo el ámbito de la construcción histórica, no solo a nivel local.

Los documentos de la zona no contemplan datos técnicos sobre las *centine,* armaduras de madera destinadas a sostener la bóveda durante la construcción. Debemos sin embargo considerar, que las misma fueron utilizadas según la praxis común, es decir condicionados no solo por las circunstancias geométricas y por los materiales de las estructuras, sino también por las exigencias de contener los costes y solventar la carencia de recursos. Las varias técnicas empleadas para hacer posible que las bóvedas alcanzaran el máximo nivel de autonomía de sostén, denotan una tradición en el campo de la construcción que, aún en el caso de la construcción monumental, ha intentado eludir la escacez de madera para las estructuras con una pericia técnica muy eficaz. Muchas veces, sobretodo en los niveles bajo tierra, han sido realizados *sopra terra*, es decir, utilizando como armadura, tierra compactada y modelada según las exigencias, quitada posteriormente, una vez cumplida la empresa. La técnica, conocida también en el ámbito de la construcción europea, se difunde sobretodo en las áreas de montaña y de colina, donde la fuerte pendiente, a la cual se aferran muchos pueblos, ha sido aprovechada también como apoyo para las estructuras horizontales.

Con respecto a los materiales, no existen diferencias fundamentales entre la construcción de muros y de las bóvedas, aunque en el segundo caso la necesidad de seguir curvas y manejar empujes ha exigido operaciones mas complejas.

Las bóvedas de piedra presentan una escasa variedad en relación a las estructuras y a las tipologias de trabajos. Las bóvedas de piedra de cantería son raras y han sido halladas solo en algunos ejemplos de arquitecturas fortificadas, como en Castiglione y Tocco da Casauria, en el valle del rio Pescara. Las bóvedas de piedra de cantería de travertino escuadradas se encuentran en algunos ejemplos de la arquitectura de palacios, donde el acoplamiento imperfecto entre las

piezas ha sido compensado recurriendo a juntas de mortero espesas, generalmente a base de yeso. Menos refinadas y comprometedoras, debido a la calidad del material y a la habilidad requerida para el corte de cada elemento, son las bóvedas de piedra bruta, la mayoría de aquellas en piedra que el patrimonio del Abruzzo conserva aún. Estructuradas generalmente en hiladas paralelas a las líneas que dan origen a la bóveda; estas bóvedas aprovechan la elaboración a forma de cuñas de cada pieza para dar apoyo al perfil —obtenido con una colocación radial respecto al centro de la curvatura— y recoger la estructura en un sistema estaticamente eficaz. Recurrir a cuñas puestas entre las juntas y el abundante mortero es la norma en estos casos, con lo que se quiere llenar los eventuales vacíos existentes y evitar los asentamientos demasiado evidentes.

Las bóvedas de ladrillo son, en relación a las de piedra, mucho mas variadas, no solo por lo que respecta a las estructuras y a los trabajos realizados, sino también a los sistemas para reducir los empujes. Los ejemplos hallados presentan hiladas paralelas a las líneas que dan origen a la bóveda, transversales, diagonales, a espina de pescado, *a cola de golondrina,* a menudo combinando estructuras distintas. Un ejemplo muy interesante se encuentra en una habitación del centro historico de Rosciano (Pe) (fig. 1). Las bóvedas de *vela* colocadas como cubierta de ambientes cuadrangulares de 3 metros por lado son realizadas con posturas distintas formando un dibujo muy articulado. En correpondencia de los cuatro ángulos, hasta la altura de los arcos perimetrales, el tejido de los ladrillos está hecha 45° con respecto a éstos; en las zona de unión es paralela, en las zonas de cierre es a espina de pescado. Los métodos para evitar o reducir al mínimo el uso de armaduras, se ven aquí exaltados por el uso de arcos ligeramente inclinados con respecto al muro, para poder así garantizar a las hiladas de ladrillos, un recíproco sostén a lo largo de la construcción. Una solución aún mas significativa, la encontramos en un edificio religioso de Alanno (Pe); se trata de un ambiente con seis tramos, cubiertos por seis bóvedas de crucería., che se alternan, paralelamente a las líneas que dan origen a las bóvedas, hiladas de ladrillos delgadas e hiladas de ladrillos apoyados sobre su lado mas estrecho, que presentan cortes y angulaturas distintas en función de la curvatura. Es probables que los trabajos realizados sobre los ladrillos, lo hayan sido directamente en a lo

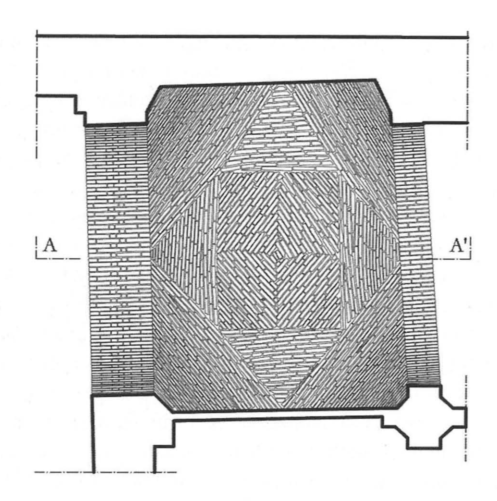


Figura 1
Bóveda en ladrillo. Rosciano (Pe), casa del casco historico

largo de la puesta en obra, preocupándose de que cada exigencia e compensación y adaptación geométrica fuese satisfecha en la zona de unión diagonal, para así mimetizar los cortes hechos al ladrillo y optimizar todos los esfuerzos.

En caso de que las hiladas estén colocados de manera múltiple, la colocación de los ladrillos con respecto al trasdós y al intradós de las bóvedas locales, corresponde a las dos tipologías principales: *a cuchillo* (apoyados sobre su lado mas estrecho) *y en plano*; la primera con la cabeza del ladrillo en perpendicular con respecto a la línea directriz, la otra con la cabeza paralela a esta. La diferencia entre los dos tipos, hace referenvia sobretodo al espesor, variando respectivamente, en el caso en que la cubierta es única y mide de una cabeza de ladrillo hasta mitad de la misma; esta medida se duplica, claramente, cuando la cubierta es doble. En relación a las medidas d los ladrillos utilizados en la elaboración de las bóvedas, no hay datos ciertos, por lo menos hasta el Ochocientos, cuando el inicio del proceso de normalización referido a las medidas del *palmo napoletano* permite la difusión de formatos mas o menos estandar, admitiendo así, para las estructuras horizontales dimensiones mayores de aquellas aplicadas a los ladrillos de pared. En Città S. Angelo, en provincia de Pescara, la tradición oral de maestros albañiles, que aún trabajan en la ciudad, cruenta acerca de un formato del ladri-

llo para bóvedas, típico del lugar, con dimensiones de 4,5 × 15 × 30–32 cm. Usado a cuchillo, este formato permitía una mayor consistencia y resistencia de la estructura, en relación a aquellas garantizadas por los ladrillos ordinarios, de 10–12 cm de ancho, usado para la construcción vertical.

Ambos tipos, a cuchillo y en plano, se asocian, en la mayoría de los ejemplos locales, al empleo de espesores estradosales llamados localmente *pettini* (fig. 2). Se trata de arcos incluidos en la bóveda, realizados alternando paquetes de ladrillos colocados a cuchillo y paquetes, mas bajos, de ladrillos colocados en plano, para crear así, *dientes* útiles para prensar las partes y para acoger, en el tradós la capa de mortero. Si el paquete de ladrillos puestos en plano tiene generalmente, no mas de dos elementos, a veces también ladrillos delgados *—pianelle—* con un espesor de 2–3 cm, mas variado son los de ladrillos a cuchillo, que son casi siempre impares, variando generalmente de uno a tres. Han sido encontrados también, ejemplos que presentan siete elementos cerca de la *llave* (punto de cierre de la bóveda) y cinco cerca de los flancos, zonas particularmente solicitadas y tratadas con una mayor atención en la construcción, en todos los caso hallados. En algunos casos los *pettini* oltrepasan el perfil de la bóveda y continúan sobre las paredes laterales, garantizando una eficaz prensa con toda la estructura. El uso de los espesores estradosales se asocia sobretodo a las geometrías de cañon y *de pabellón*, con alguna aplicacón también de la geometría de *vela*. En la iglesia de S. Bernardo, en Città S. Angelo (Pe), las grandes bóvedas de *vela* y de cañón con cabeza *de padiglione* han sido realizadas con ladrillos colocados de cabeza y espesores, que en la primeras de cruzan ortogonalmente, con una rotación de 45° con respecto a los ángulos, en las otras siguen en forma paralela con un paso de, alrededor, un metro e medio.

Sobre todo en los casos de cubierta única, el uso del yeso para ligar los ladrillos es sistemático en toda la arquitectura histórica, debido a la exigencia de usar un aglomerante capaz de «inflarse» a lo largo de la puesta en obra y lograr poner en tensión a la estructura, en forma gradual, evitando o reduciendo al mínimo el uso de armaduras, también en este caso.

Un verdadero y propio muestrario de bóvedas de ladrillos en Abruzzo, lo encontramos en Penne, localidad de la provincia de Pescara donde la cultura del ladrillo ha encontrado una de sus aplicaciones mas

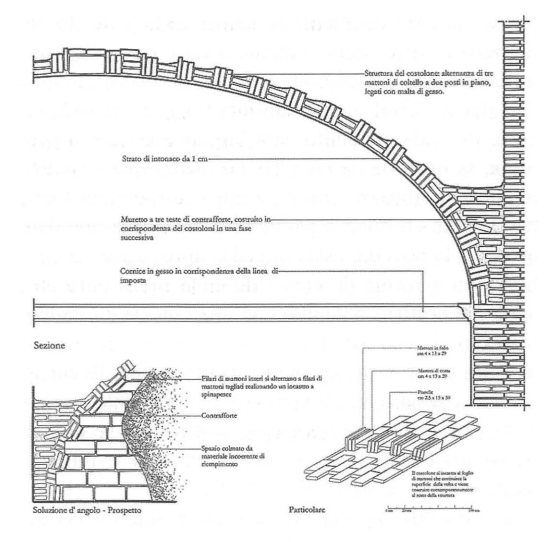


Figura 2
Bóveda en ladrillo. Città S. Angelo (Pe), palacio Coppa, XVII siglo, detalles

refinadas, ya sea en las estructuras de muros y bóveda, como en las de carácter ornamental y decorativas de los prospectos. Los ejemplos mas antiguos presentan ladrillos colocados a cuchillo sobre espacios modestos colocados a cuchillo sobre espacios modestos con perfil todo curvado o algo mas bajo y geometría de cañón o de crucería. En relación a ellos, ejemplos mas recientes, entre los siglos XVIII y XX, muestran ladrillos en plano pegados con yeso. En el palacio Castiglione, construido entre los siglos XVI y XVIII con estructura medieval, una de las bóvedas mas antiguas realizadas como cubierta de un ambiente irregular presenta una geometría a crucería, con ladrillos colocados a cuchillo, cortados y levigados para facilitar la conexiones en las esquinas. De igual manera en el palacio Castiglione, la gran bóveda del salón de fiestas del nivel noble está formada por dos estratos de ladrillos en plano, sobrepuestos, de tamaño mas pequeño en el intradós, mas grandes en el tradós, a los cuales se colocan espesores de ladrillos colocados sobre muros a dos cabezas, no prensados a las paredes perimetrales, lo cual es útil para aumentar la resistencia de la bóveda sobre los flancos.

Si en los tipos de cañón y *de padiglione* es el espesor estradosal el elemento que regula el sistema de rigidez, soportando las variantes procedentes de es-

tructuras, espesores y dimensiones, en las bóvedas de crucería la arquitectura local ha recurrido a métodos diversos, generalmente basados sobre el uso de nervaduras de soporte, útiles a neutralizar la estabilidad de la estructura en fase de desarme y a hacerla mas resistente a los ataques sísmicos. Se trata de las bóvedas *schiancianе*, así llamadas por la teoría del Ochocientos y caracterizadas por arcos de ladrillos a lo largo de la línea de las nervaduras, ortogonales a la colocación de las *uñas*, logrando así envolverlas en un sistema estáticamente eficaz (fig. 3). La ventaja de orientar a lo largo de los arcos, los lechos de puesta en obra de los ladrillos en dirección perpendicular a las isostáticas de compresión —óptimo para la transmisión de las cargas a los puntos de apoyo— ha provocado un gran utilizo de este sistema en la arquitectura local, gracias también a la actuación de mano de obra experta en la construcción con ladrillos. Los ejemplos son numerosos y hacen mayormente referencia a estructuras ligeras, elaboradas prevalentemente con ladrillos en plano, pegados con mortero de yeso. En el palacio De Flaminis de Catignano (Pe), de la época del Cuatrocientos y retocado en varias ocasiones, las bóvedas de crucería que cubren los ambientes del nivel tierra, tienen un funcionamiento estructural que se apoya a nervaduras reforzadas con ladrillos acoplados y colocados de cabeza y *de uñas* colocadas como cola de pescado que descargan su propio peso sobre las diagonales con una dirección decreciente que va desde la llave hasta las bases de la bóveda; una, cerrada por una forma de cesta, las otras por un sistema de conexión con las paredes realizadas con ladrillos aumentados con ritmo regular hasta la altura de los flancos. Además de las bóvedas de piedras y de ladrillos la arquitectura local ha recurrido a denudo a las llamadas bóvedas *in camera canna*, aplicadas por lo general a las geometrías *a padiglione* y realizadas con una estructura principal de montantes de madera, acoplados y clavados con juntas desalineadas, a una estructura secundaria de corrientes, y un cierre de cañas entrelazadas, tal vez usadas enteras, tal otra partidas y con parte cóncava dirigida hacia a bajo, de manera de ofrecer un mayor agarre al revestimiento superficial, casi nunca superior a 10 cm. La ligereza de estas bóvedas —llamadas también *falsas* debido a su escasa o nula capacidad de soporte— ha hecho de ellas un elemento adapto a los niveles altos de los edificios, donde la estática aconseja no usar bóvedas en obra,

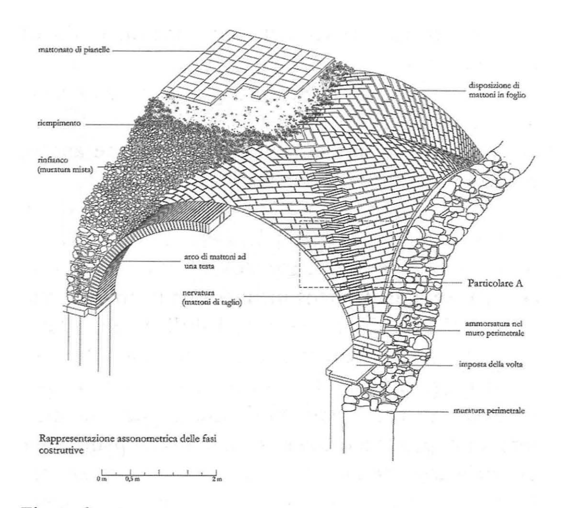


Figura 3
Bóveda *schianciana.* Catignano (Pe), casa del casco historico, detalles

sobretodo si se trata de espacios muy grandes. Muy frecuentes en la región, son las bóvedas falsas construidas en ocasión de los retoques hechos para modificar edificios preexistentes, con el objetivo de obtener ambientes elegantes sin excesivos gastos y sin aumentar la carga sobre las paredes. Los ejemplos encontrados pertenecen al siglo XVII y están presentes sobretodo en edificios religiosos y palacios nobles, generalmente por la exigencia, de cubrir grandes espacios o cerrar la visión de estructuras rústicas de pisos o techos de madera (fig. 4). A veces la estructura de madera es la armadura de desecho de bóvedas de concreto. Un ejemplo interesante se encuentra en el palacio De Petris di Castiglione en Casauria (Pe), caracterizado por el relleno del extradós, hecho de aislantes lapídeos abundantemente mezclados con mortero, que recubre la cubierta de cañas desde las bases de la bóveda hasta el nivel del pavimento, abarcando toda la altura de la bóveda de crucería. La pesadez de la bóveda parece contradecir, en este caso, el discreto estado de conservación que aún tiene la estructura.

En relación a las bóvedas, menos comunes y difundidos son los pisos, probablemente por causa de las enormes substituciones efectuadas en los últimos siglos de las nuevas estructuras de concreto. Los que han quedado cubren por lo general los ambientes superiores de los edificios o de las habitaciones en

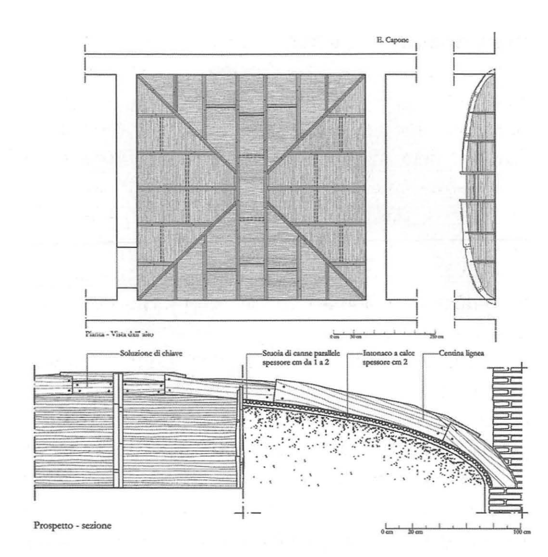


Figura 4
Falsa bóveda en *camera canna*, Città S. Angelo (Pe), palacio baronial

planta baja destinadas a la producción y al trabajo del campo. Su empleo está estrictamente relacionado a la disponibilidad de la madera en las distintas áreas de la región y a la cantidad de esencias presentes en las diversas alturas.

Las esencias mas usadas en la construcción tradicional del Abruzzo son los castaños, las encinas, las hayas, los acebos, existentes en la costa y en las amplias zonas boscosas del Abruzzo apenínico.

La elaboración de los elementos del piso es directamente proporcional a la importancia de la construcción y a la riqueza de sus estructuras, encontrando diferencias fundamentales entre la arquitectura monumental y la albañilería básica. En el primer caso, el tipo de acabado es producto de trabajos de escuadratura y corte, y las estructuras destinadas a esconder eventuales imperfecciones y/o a enriquecer los ambientes son el resultado de consideraciones atentamente analizadas, con las consecuencias técnicas y económicas correlativas. Un ejemplo interesante es el techo de madera de la iglesia de S. Maria Maggiore en Rocca Valle Scura, actual Rocca Pia en la provincia de L'Aquila, realizada en el 1742 con el coste de 300 ducados, según diseño de maestros como Ferdinando Mosca y Venanzio Bencivenga y con el uso de maderas preciosas, puestas con mano de obra especializada.

En la construcción monumental es condición habitual, el acabado, así como lo es, en la construcción más pobre, el carácter rústico. La escuadratura de las vigas, cuando está presente, es el resultado de un trabajo sumario, llevado a cabo con el hacha, con el objetivo de eliminar menos material posible. El gran cuidado en el uso de los recursos, ha conducido a menudo, a emplear madera ya previamente usada, que se obtiene de construcciones inconclusas o en fase de restauro, o tal vez de troncos a los que apenas se les ha quitado la corteza, absolutamente no recuadrados ni privados de todas las ramificaciones, evidentemente útiles a alcanzar longitudes, no posibles de otra manera. La ausencia de elaboración, que es la regla en las vigas, se pierde parcialmente en los elementos más pequeños, como viguetas y tablas. La necesidad de doblar el número de los tejidos, y realizar estructuras pavimentales estables y eficaces desde un punto de vista funcional, ha impuesto la producción de elementos, lo más estandar y ensamblables posible, con interesantes excepciones producto del uso de elementos suplementarios como tablillas y cuñas, empleados en los ejemplos mas pobres para compensar la unión imperfecta entre los elementos y rellenar los vacíos entre las caras no coinciden.

Aún y cuando hay una gran variedad de casos particulares, el piso de Abruzzo está constituido por lo general, por un tejido de vigas poco acabados, a los cuales se sobrepone un segundo orden de viguetas de sección mas pequeña, recubierta a su vez de las tablas y de las estructuras del pavimento. Se trata de un tipo de tejido utilizado también sobre las cubiertas, a una o mas capas. Lejos de parecerse al así llamado piso a la *sansovina*, típico de la tradición arquitectónica de la región de Veneto, el piso abruzzese parece mas cercano, no solo geograficamente, a aquel de las regiones vecinas, como Lazio, Marche y Umbria. La costumbre de recurrir a pocos elementos de soporte, mas difíciles de hallar y poner en obra, en relación a los elementos del tejido secundario, mas pequeños y manejables por lo que respecta a su elaboración, transporte y puesta en obra, se ha unido a aquella de apoyar los vigas principales sobre muros transversales, como método para que los vigas adquieran mayor longitud y al mismo tiempo no interferir con los muros de la fachada. Los pisos *a regolo*, que en los ambientes romanos tienen gran difusión, resultan poco comunes en Abruzzo; alguna presencia de ellos

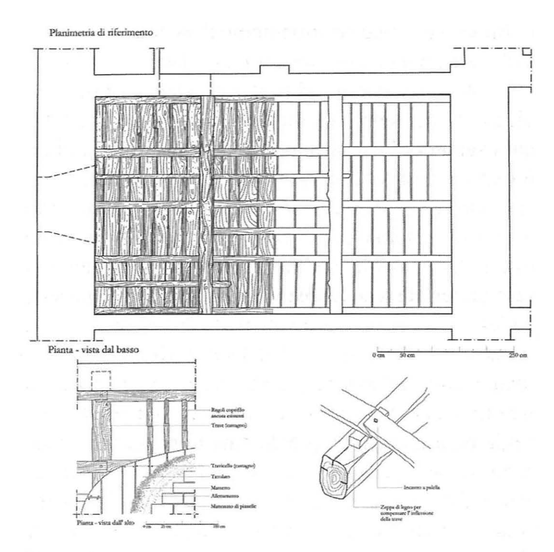


Figura 5
Piso con doble urdidura. S. Stefano di Sessanio (Aq), casa del casco historico

ha sido encontrada en S. Stefano de Sessanio y Castelvecchio Subequo, en provincia de l'Aquila.

El uso de vigas de borde, típico de la tradición arquitectónica de la región Marche, presenta algún ejemplo en Abruzzo, aplicado no tanto a las vigas del tejido principal, sino a aquella de las viguetas del tejido secundaria, usados alguna vez, también aparejados, a lo largo de todas las paredes, con la función de repartir mejor la carga y a conducir, en lo posible, los esfuerzo en las paredes: también en estos casos, se trata de estructuras muy pobres, producto de circunstancias materiales que son indiferentes a los resultados formales y que por el contrario concentran su atención en el uso de sistemas eficaces y acordes a la característica económica de la construcción. Las vigas di bordo permitían separar la estructura del piso con la de las paredes, no forzada con la abertura de huecos para la colocación de viguetas, y con la ventaja adicional de seleccionar la distancia según la necesidad.

De los pisos de *mezzane*, de tradición umbro-toscana, en Abruzzo encontramos solo algún ejemplar. El denominador común lo constituye, en este caso, el doble tejido de vigas y viguetas, recubiertos de un manto de ladrillos, denominados de varios modos, dependiendo de la localidad y cuya longitud es correspondiente a su intereje. En el ejemplo de Borgo Faraone, en provincia de Teramo, la longitud de las *mezzane* es de 33 centímetros por una anchura y altura respectivamente de 16.5 y 4.5. Siempre en Borgo Faraone han sido hallados pisos de *volterranee*: constituyen una combinación de elementos curvos y rectilíneos, típico de la región Toscana, realizadas con vigas de madera sobre los cuales se colocan pequeñas bóvedas de ladrillos delgados, apoyadas sobre cuñas de madera que van a lo largo de toda la longitud del viga.

La selección de las dimensiones de los vigas en la construcción histórica local, difícilmente es proporcional al espacio que se va a cubrir, ya que en la mayor parte de los casos se utiliza el material que se encuentra a disposición, lo cual a veces ha conllevado al uso de elementos ramificados o acoplados: entre los ejemplos mas interesantes tenemos a los pisos de S. Stefano de Sessanio, elaborados con elementos pobres pero eficaces (fig. 6). Los troncos, no tratados, han sido dejados con la sección circular o, en el mejor de los casos, pseudo-rectangular; en este caso específico, puesta en obra con el lado largo hacia lo alto. La arquitectura histórica llama a este lado mayor *altura*, para distinguirlo del menor, que corresponde a la *anchura*. La variedad de elementos

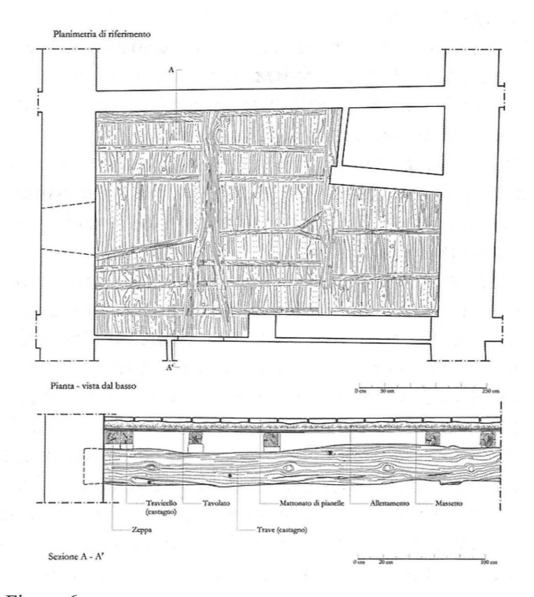


Figura 6
Piso de casa campesina. S. Stefano di Sessanio (Aq)

usados, con secciones que generalmente cambian notablemente a lo largo de los troncos, hace difícil poder determinar sus dimensiones, sobretodo cuando la escuadratura es totalmente ausente y los troncos conservan en la obra los nudos y las deformidades. En los pisos de simple tejido, los vigas principales son por lo general dos o tres, para espacios que en la albañilería histórica difícilmente superan los 6 metros, y con dimensiones promezio comprendidas entre diámetros de 15–30 cm para las secciones circulares, entre anchuras y alturas de 15–25/20–35 cm para las otras. En los pisos de doble tejido el número de vigas principales se reduce a menudo ulteriormente, con una variación de las medidas. En algunos casos, un único viga, robusto al punto de compensar la ausencia de elementos de soporte, el que funge de base de apoyo a una red de viguetas más o menos concentrada.

Las conexiones de las vigas con los muros son realizados generalmente con inserciones practicadas a ese propósito, con una profundidad que va desde una tercera parte hasta todo el espesor de la pared, y alguna vez, mejorados con elementos de madera o de ladrillos. Algunas veces, las vigas atraviesan todo el espesor de las paredes y sobresalen de las mismas por una longitud suficiente para detener las cabeceras, recurriendo a elementos complementares fijados en el intradós con clavos, insertados en la pared y bloqueados con palitos y cuñas: una solución adoptada frecuentemente en las estructuras para cubierta, pero que encuentra aplicación también en los pisos. Este sistema ha sido utilizado sobretodo como método antisísmico, transformando las vigas en verdaderos y propios tirantes, capaces de mantener la estructura sin actuar, en caso de movimientos telúricos, como cabezas de aries.

En relación a las vigas y viguetas son generalmente mas regulares, con secciones cuadrangulares comprendidas entre lados de 8 y 12 cm y longitudes comprendidas entre 2–3 m. La posibilidad de medirlos, sobretodo en sección, depende, también en este caso, del grado de elaboración de cada uno de los elementos, los cuales son, talvez, producto de trabajos hechos con hacha, y que frecuentemente se dejan en su estado de pequeños troncos, ramificados y de tamaños absolutamente variables. A denudo, los elementos para los pisos rústicos son aplanados solo del lado destinado a hacer de apoyo a los elementos superiores. Además de disminuir el trabajo, esto permitía preservar por el mayor tiempo posible, las fibras de la madera en un estado de integridad.

La arquitectura de Abruzzo recurre raramente a elementos de penetración para pegar entre ellos a vigas y viguetas, en la mayoría de los casos simplemente apoyados sobre un intereje generalmente no superior a los 70 cm. La conexión de las viguetas con los muros estaba garantizada por la presencia de eventuales cortes de sección, o por elementos adicionales de borde, o de alojamiento, buscados para este propósito.

Entre los elementos de cierre del piso los mas regulares son las tablas: la exigencia de garantizar un buen apoyo con respecto a las vigas o viguetas y servir de base a eventuales pisos, ha inducido a realizar cortes, lo mas exacto posible de sus caras. Hacer trabajos de cortes a niveles paralelos, a lo largo del tronco, ha garantizado el uso de elementos homogéneos, por lo que se refiere sola al espesor, siendo las dimensiones de longitud y anchura totalmente variables, sin embargo, no perjudiciales para la estructura. Si el espesor de las tablas varían generalmente de 3 a 5 centímetros, las otras medidas tienen un promedio comprendido entre 25 y 45 centímetros de anchura, 1–2 metros de longitud, con un del número de viguetas muy flexible, siendo el único denominador común, las juntas, que corresponden a los elementos de apoyo. La norma en estos casos es el recurrir a elementos de penetración, lo que se denota, en los mas antiguos ejemplos, con el uso de clavos a sección cuadra, en un número que va de 2–3 por cada elemento y por una longitud que casi nunca corresponde a la de *tres veces el espesor de la tabla*, tan recomendada por los manuales.

A veces, para esconder a la vista estructuras muy rústicas se ha recurrido a estructuras realizadas con cañas. Controtechos de cañas han sido hallados en las habitaciones de muchos centros históricos caracterizadas por cubiertas de cañas entrelazadas en forma de cesta y usadas, en suspensión, debajo de pisos tejidos por listeles y viguetas clavados a las vigas principales (fig. 7).

Independientemente de las exigencias estéticas, mas o menos acentuadas, en las varias épocas, de dar homogeneidad a estructuras poco acabadas, la finalidad de los controtechos *in camera canna* es la de mejorar la calidad habitativa de los ambientes usando intersticios tan ligeros cuanto eficaces en relación al aislamiento térmico y acústico. Una alternativa inte-

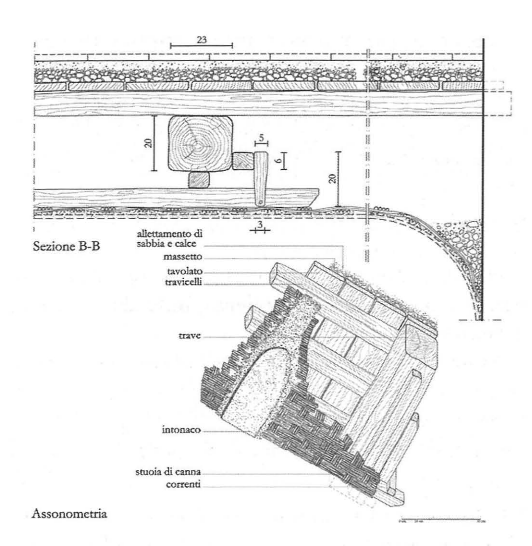


Figura 7
Contratecho en cañas. Borgo Faraone (Te), casa del casco historico

resante a las contratechos a base de cañas son aquellas realizadas con telas de saco cubiertas de espesos estratos de yeso, halladas en algunas casas de la antigua aldea de Gessopalena, en provincia de Chieti.

Sobre los pisos destinados a ser pavimentos, raramente las coberturas de caña son usadas para sustituir a las tablas: razones de orden estático y funcional han hecho que no sean proponibles para las habitaciones; contrariamente, son aptos para los pisos de las habitaciones que se encuentran directamente debajo de los techos y mas aún de las cubiertas.

El estradós de los pisos generalmente está formado por una base de doble estrato: el inferior, compuesto por material de descarte y restos de muro, el superior con pedrisco de pequeñas dimensiones ligados por abundante mortero, útil para hacer de cama al pavimento sobrepuesto. La puesta en obra casi en seco del primer estrato, que Leon Battista Alberti quería que fuese a base de heno seco y helechos, aseguraba a la madera un buen grado de ventilación y protección de la humedad, consintiendo también las deformaciones ciertas, provocadas por la antigüedad y por eventuales ataques de naturaleza sísmica.

Cuando los pisos no son habitables, como es el caso de los últimos niveles, destinados a ser cubiertos por el techo, la base está generalmente ausente, con una consiguiente reducción de la altura total del piso, y generalmente un correspondiente aumento de la distancia entre los elementos del tejido.

Notas

1. Investigación coordinada por prof. Claudio Varagnoli y prof. Lucia Serafini, con Fabio Armillotta, Anna Di Nucci, Aldo G. Pezzi, Clara Verazzo, Enza Zullo.

Lista de referencias

Afan de Rivera, C. 1840. *Tavole di riduzione dei pesi e delle misure delle Due Sicile in quelli statuiti dalla legge de' 6 aprile del 1840*. Napoli.

Alberti, G.A. 1757. *Trattato della misura delle fabbriche nel quale oltre la misura di tutte le superfici comuni si dà ancora la misura di tutte le specie di volte e d'ogni specie di solido che possa occorrere nella misura di esse*, Venezia.

Aveta, A. 1987. *Materiali e tecniche tradizionali nel Napoletano*. Napoli.

Bonamico, S.; G. Tamburini. 1996. *Centri antichi minori d'Abruzzo. Recupero e valorizzazione*, Roma.

Ceradini M.; A. Salvatori; R. Alaggio; C. Scarsella. 1993. «Tipologie strutturali dei centri storici dell'Abruzzo Aquilano». En *Atti del I Convegno Nazionale A.R.Co*. Roma.

Chiarizia G. 1990. *Centri storici della Val Pescara dall'evo medio ai nostri giorni*, Pescara.

Chiarizia, G.; S. Gizzi. 1987. *I centri minori della provincia di L'Aquila*, Pescara.

D'Anselmo, M. 1996. «Le strutture dei centri storici minori in Abruzzo: osservazioni sulle tecniche di consolidamento». In M. Civita (a cura di). *Conservazione: ricerca e cantiere*, 71–76. Fasano di Brindisi.

Demangeot, J. 1965. *Geomorphologie des Abruzzes adriatiques*, Paris.

Di Giovanni, G. 1999. *Tecniche costruttive del XVIII secolo. L'Aquila*, L'Aquila.

Di Stefano, R. 1967. *Edilizia. Elementi costruttivi e norme tecniche*, Napoli.

Forlani, C. 1983. *Tecnologie locali e costruzione della casa in Abruzzo*, Pescara.

Civita, M.; C. Varagnoli. 2000. *Identità e stile. Monumenti, città restauri tra Ottocento e Novecento*. Roma.

Mancini, R. 1982. «Architettura minore in Abruzzo». En *Rassegna di studi sul territorio* 1: 41–53.

Marciani, C. 1987–2002. *Regesti Marciani. Fondi del notariato e del decurionato di area frentana (secc. XVI–XIX)*, L'Aquila, VII voll.

Marino L., R. Franchi. 1987. *Notizie su alcune strutture leggere apparecchiate con tubi fittili («pignatielli»). Indagini. mineralogico-petrografiche*, 101–112. Padova.

Ortolani, M. 1961. *La casa rurale in Abruzzo*. Firenze.

Penta, F. 1935. *I materiali da costruzione nell'Italia meridionale.* Napoli.

Perrucci, G. 1981. «La casa in Abruzzo: struttura e funzione dell'abitato rurale e del quartiere urbano». In *Antropologia della casa*. Lanciano.

Pezzi, A.G. 2003. «Tecniche e materiali tradizionali nei cantieri di restauro abruzzesi». In G. Fiengo, L. Guerriero (a cura di). *Atlante delle tecniche costruttive tradizionali. Lo stato dell'arte, i protocolli della ricerca, l'indagine documentaria*, 180–185. Napoli.

Pietrocola, N.M. 1869. *Taluni scritti di architettura pratica.* Napoli.

Ragucci, L. 1843. *Principi di pratica di architettura ne' quali si espongono un'idea di descrizione de' fabbricati, otto esemplari di misure per altrettante arti diverse ed in fine un dizionario de vocaboli tecnici che presso gli artefici sono più in uso.* Napoli.

Serafini, L., 2003. La costruzione in laterizio: materiali, forme, tecnologie in Abruzzo. In G. Fiengo, L. Guerriero (a cura di). *Atlante delle tecniche costruttive tradizionali. Lo stato dell'arte, i protocolli della ricerca, l'indagine documentaria*, 165–174. Napoli.

Serafini, L. 2000. «Costruzione e arte nel neoclassicismo meridionale. Nicola Maria Pietrocola architetto vastese del primo Ottocento». En *Bollettino della Deputazione Abruzzese di Storia Patria* CXII, XC: 219–256.

Varagnoli, C. 2000. *Materiali per un atlante delle tecniche costruttive in Abruzzo*. Roma.

Varagnoli, C. 2003. «Il cantiere tradizionale in Abruzzo: la ricerca documentaria e archivistica». En G. Fiengo, L. Guerriero (a cura di). *Atlante delle tecniche costruttive tradizionali. Lo stato dell'arte, i protocolli della ricerca, l'indagine documentaria*, 155–164. Napoli.

Zordan L.; A. Bellicoso; P. De Berardinis; G. Di Giovanni; R. Morganti. 2002. *Le tradizioni del costruire della casa in pietra: materiali, tecniche, modelli e sperimentazioni.* L'Aquila.

Zullo, E. 2003. «La costruzione tradizionale a Isernia nelle fonti ottocentesche». In G. Fiengo, L. Guerriero (a cura di). *Atlante delle tecniche costruttive tradizionali. Lo stato dell'arte, i protocolli della ricerca, l'indagine documentaria*, 175–179. Napoli.

La construcción de la iglesia de Túcume Viejo. Algunos aspectos constructivos de la arquitectura religiosa virreinal de la costa norte del Perú

Fernando Vela Cossío

Las ciudades históricas de la costa norte peruana se disponen a lo largo de los más de seiscientos kilómetros que separan Trujillo de Tumbes, al borde de la frontera ecuatoriana. El patrimonio arquitectónico y urbano de algunas de estas viejas ciudades coloniales norteñas permanece, salvo notables excepciones, en un estado de olvido y abandono que convendría corregir. Las ruinas de la antigua iglesia española de Túcume Viejo, a pocos kilómetros al norte de la ciudad de Lambayeque, constituyen un ejemplo representativo de la precariedad en que se encuentra este patrimonio arquitectónico y nos dejan constancia de la fuerte y vigorosa impronta hispánica de la construcción religiosa en época virreinal.

Tipología y construcción de la arquitectura religiosa virreinal en el norte del Perú

Conserva el norte del Perú un buen número de edificios religiosos de gran importancia para el conocimiento de la arquitectura española en América durante los siglos XVI y XVII, aunque bien podemos afirmar que muchos de ellos se encuentran todavía muy poco estudiados.[1] Siguiendo un recorrido de norte a sur por la costa del Pacífico peruano tenemos que hacernos eco de algunos ejemplos concretos de construcción religiosa de tiempos de la colonia que, por su belleza e interés histórico, constituyen una parte substancial de este legado virreinal: la iglesia de San Lucas de Colán, las ruinas de Túcume Viejo, las iglesias de Mórrope y de Lambayeque y, por último, el gran conjunto monumental de la vieja ciudad de Saña.[2]

San Lucas de Colán parece haber sido la primera iglesia católica construida en el Pacífico Sur. El actual edificio tiene un gran interés, aunque se encuentra notablemente restaurado. Se encuentra a muy pocos kilómetros del puerto de Payta y desarrolla un tipo del que existe una larga progenie en todo el Pacífico español.[3] Lo que hoy vemos en Colán no es sino el resultado de las transformaciones de una iglesia del siglo XVIII, probablemente edificada sobre la primitiva del siglo XVI. El edificio se levanta sobre una singular plataforma que nos remite, por su morfología, a una especie de muelle portuario, y que algunos han identificado con restos arquitectónicos indígenas. En todo caso, ya sea el lugar elegido *ex novo* o este ligado al Perú prehispánico, la iglesia debió ser levantada en el siglo XVI y debió contar con una torre campanario de base maciza en su planta baja. Sobre la torre norte se levanta hoy un campanario de madera pintada que parece del siglo XIX. La fachada está compuesta en un esquema tripartito, en el cual, sobre la portada de arco de medio punto, se levanta un cuerpo de remate curvo para ocultar el hastial de la cubierta a dos aguas. Dicha cubierta está resuelta mediante una esbelta armadura de madera, del tipo par e hilera, que se apoya en los muros perimetrales del templo y en dos hileras longitudinales de altos soportes de madera que sirven, además, a la división en tres naves del espacio congregacional de la iglesia. El interior del templo conserva algunas de-

coraciones pictóricas murales de gran belleza que se extienden sobre el propio enlucido de yeso de los paramentos proponiendo al observador diversos temas naturalistas, con abundancia de flores y pájaros; conservase además en Colán un gran retablo, quizá de finales del siglo XVII, con el águila bicéfala de la *Casa de Hagsburgo* tallada en madera para ornamento externo del Sagrario.

En la ciudad de Lambayeque se conservan un par de edificios religiosos coloniales también de gran interés. Muy próxima a la ciudad de Chiclayo, un próspero emporio comercial de tiempos de la República que sirve de mercado y centro de conexión entre la costa y la sierra norte, la antigua ciudad española de Lambayeque ha mantenido un interesante conjunto urbano —de conservación desgraciadamente irregular— del que tiene que destacarse, además de las fachadas de dos pequeñas iglesias situadas al lado norte de la actual iglesia matriz, una casa de época presumiblemente colonial que alberga el balcón más antiguo de la coste norte.

Pero es al Sur de Lambayeque, en el área de contacto entre las rutas costeras norteñas con el camino de ascenso a la sierra de Cajamarca, donde encontraremos las mejores muestras de arquitectura española de los siglos XVI y XVII. En esta comarca se sitúan las ciudades de Saña y de Guadalupe, donde han sido estudiados los que bien merecen ser considerados como mejores conjuntos de la arquitectura religiosa del norte costero peruano.

El comisionado para la fundación de la ciudad de Saña fue el corregidor de Trujillo Licenciado don Diego de Pineda, quien cumplió tan importante comisión el 25 de Abril de 1563. La fundación propiamente dicha, ordenada por el Virrey, no se realizó hasta el 29 de noviembre del año 1563 y fue encomendada al capitán don Baltasar Rodríguez vecino de Trujillo, quien comenzó la población y fundación de la Villa Santiago de Miraflores que está en el valle de Zaña, en esta regla del Perú, según recoge el Acta de fundación.

En la ciudad, en la que murió Santo Toribio de Mogrovejo, se conserva una parte de los primitivos edificios que conformaban el conjunto urbano virreinal. La ciudad padeció grandes desastres en el tránsito del siglo XVII al XVIII. En marzo de 1686 fue asaltada por Edward Davis quien, tras desembarcar en el Puerto de Chérrepe y cubrir las siete leguas que hay de distancia, la saqueó y la arrasó. Unos años más tarde, el 15 de marzo de 1720, el caserío sufrió una inundación torrencial que, atravesando calles y plazas, no dejó una sola vivienda en pie. La destrucción debió de ser apocalíptica a tenor de las descripciones de los testigos presenciales, como el escribano Antonio de Rivera, que dejó constancia de la terrible destrucción en acta firmada. La inundación de 1720 provocó el éxodo casi total de la villa, cuyos habitantes debieron elegir como destino principal la ciudad de Lambayeque. Aunque en 1722 se refundó la ciudad ya no pudo alcanzar el apogeo de la centuria anterior, quedando el poder político y económico concentrado en Lambayeque hasta el siglo XIX.

De los edificios españoles que se conservan en Saña, la antigua iglesia de San Agustín destaca como la obra de mayor valor arquitectónico y bien merece ser por ello considerada, en palabras de Harth Terré,[4] como una joya arqueológica de la arquitectura colonial: «sus bóvedas góticas, que tienden al adorno, se apoyan sobre arcos cruzados en carpanel, cumpliendo la regla romana adoptada por los artistas renacentistas». Este autor considera la fábrica primitiva de finales del siglo XVI, aunque hoy apenas se conservan algunas paredes y la bóveda principal.[5] Interesa también en la ciudad de Saña la visita de las ruinas de San Francisco. Harth Terré la describe como una iglesia de una sola nave, y la atribuye a Antonio Tibesas, datándola en la última veintena del siglo de fundación de la villa (XVI) poniéndose en pie entre 1585 y 1590. En San Francisco resalta una vez más el tipo de iglesia de una sola nave cubierta de tijerales y adornos a lo modular, con presbiterio en bóveda cruzada, como estuvo de moda hasta fines del siglo XVI y siguiéndose la tónica de la Mayor de Asís en la ciudad de Lima. La iglesia de La Merced es el tercer templo en interés que puede contemplarse en Saña. Dice Harth Terré que «los mercedarios llegaron a Saña en 1637 (. . .) fue en esta ocasión y tiempo que construyeron su iglesia. Ha quedado en pie el altar, franquean el frente dos torrecillas a modo de campanarios, la portada apunta ya al Renacimiento Clásico; es obra de líneas y abultamiento, pero las pilastras dóricas tienen más relieve; aún cuando la cornisa es de poco resalte y el frontón quebrado para ubicar un nicho rectangular, no cumple muy exactamente con las reglas canónicas».[6] La iglesia matriz es de tipo basilical, con una nave central más alta y dos capillas laterales más bajas para permitir las ventanas, conservando algunos muros con fragmentos de

pinturas; se estima su construcción entre fines del siglo XVI y comienzos de la centuria siguiente.

La ciudad de Guadalupe conserva también un conjunto muy interesante, del que debe destacarse la iglesia matriz. Aunque su fachada, muy remozada, carece en cierto modo de interés, se conservan en el interior del conjunto un extraordinario claustro y una curiosa sacristía en la que se puede apreciar una ornamentación tardo barroca muy exuberante y rica. Las bóvedas del claustro se alejan de la pauta de lo que hemos visto en Saña, inclinándose en este caso por la organización de las galerías mediante unas espléndidas, esbeltas y limpias bóvedas de arista, de inspiración mucho más clasicista como corresponde a su muy probable más moderna fecha de construcción, ya en el siglo XVII.

En síntesis, nos encontramos ante una arquitectura religiosa cuya tipología predominante es la de templos de una sola nave —sobre todo en los casos de las iglesias conventuales— o con plantas de morfología alargada dividida en tres naves con soportes intermedios —en las iglesias matrices— con sistemas de cubierta resueltos mediante armaduras de madera —de los tipos *par e hilera* y *par y nudillo*— o abovedadas según la tradición de la arquitectura española del siglo XVI, es decir, mediante el empleo de grandes bóvedas de crucería con abundancia de tramas de terceletes.[7] La presencia de los órdenes clásicos para resolver la composición de claustros y portadas y el uso en estas de arcos de medio punto, pero también de los tipos carpanel, rebajado y escarzano, ponen de manifiesto el desarrollo en la América española de una arquitectura de tradición castellana en la que perviven los sistemas de construcción del gótico final que se desarrollan, por la influencia borgoñona y alemana, desde principios del siglo XV en la Península Ibérica. Los Colonia o los Egas, como acertadamente señala Palacios, extienden en Castilla los nuevos modos de construcción con los que trabajará, ya en el siglo XVI, una segunda generación de arquitectos entre los que se encuentran los Hontañón, Juan de Álava o Diego de Siloee (Palacios, 2000: 750).

Aspectos constructivos de la iglesia de Túcume Viejo

Muy próxima a la ciudad de Lambayeque, a poco más de treinta kilómetros al norte por la antigua carretera panamericana, se encuentra la pequeña localidad de Túcume, en el valle del río de la Leche. Los restos de un gran conjunto monumental prehispánico que forman parte de uno de los yacimientos arqueológicos más interesantes de esta región, monopolizan la atención de los viajeros y visitantes que, sin embargo, suelen abandonar el lugar sin desplazarse unos dos kilómetros al Este de la carretera principal donde se encuentra el lugar de asiento del viejo caserío español llamado hoy de Túcume Viejo, en el que destacan, por su imponente construcción e inesperado tamaño, los restos de la antigua iglesia colonial.

Estas ruinas constituyen posiblemente uno de los ejemplos más interesantes de arquitectura religiosa que puede verse en toda la región norte peruana. Se trata de un templo presumiblemente de tres naves, divididas quizá por soportes intermedios de madera, sin capillas, de unos 164 pies[8] de longitud por 52 pies de anchura, con una cabecera sencilla de 21 pies de ancho y 32 de largo, con remate recto tras el que se sitúan una serie de estancias de difícil interpretación mientras no se lleve a cabo la excavación arqueológica del conjunto, pero de uso muy probable como sacristías y espacios auxiliares. Esta clase de templo, de gran desarrollo longitudinal, es corriente como hemos visto en la arquitectura peruana de época virreinal, pudiendo encontrarse ejemplos del mismo por toda la geografía de este extenso y diverso país andino.

La construcción de los muros, de una vara[9] de espesor, está resuelta mediante una imponente fábrica de adobe bien trabada en aparejo *a soga y tizón* con mortero de barro. Estos muros presentan al exterior, por el lado occidental, los restos al menos dos grandes contrafuertes que podrían interpretarse como elementos de refuerzo para un arco triunfal de acceso al tramo presbiterial en el caso de la cabecera y para contrarresto de los empujes del arco que sostendría un posible coro alto situado, hipotéticamente, a los pies del templo.

El módulo de los adobes empleados es de dos pies por uno, es decir de unos 60 × 30 cm, con 15 cm de espesor. Se trata por tanto de piezas paralelepipédicas de morfología rectangular, en la tradición castellana, que conforman una fábrica cuyo grosor de muro sobrecoge al visitante y que se encuentran en un estado de conservación espléndido, como corresponde a una región semidesértica en la que apenas se producen precipitaciones pluviométricas no-

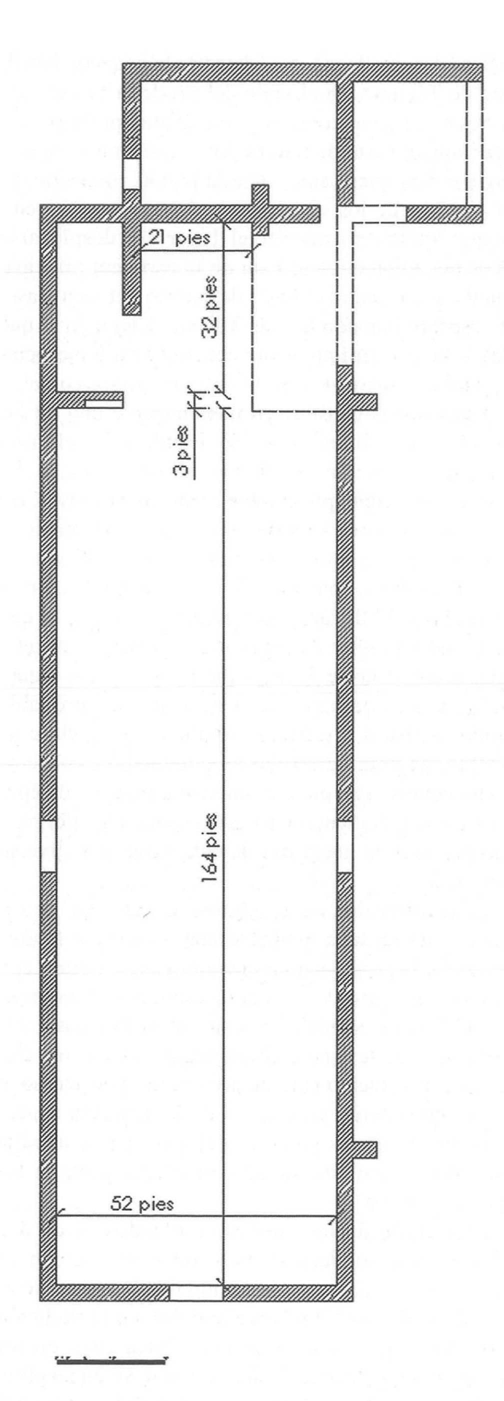


Figura 1
Planta de la iglesia de Túcume Viejo (Lambayeque). Levantamiento planimétrico Antonio Vela Cossío, arquitecto

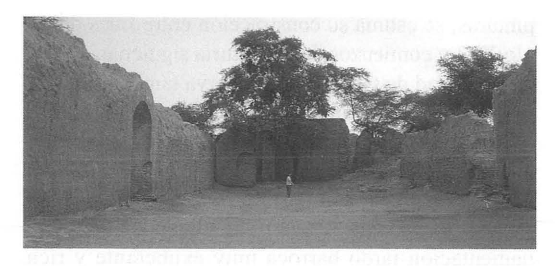


Figura 2
Vista general del conjunto. Al fondo, la cabecera del templo

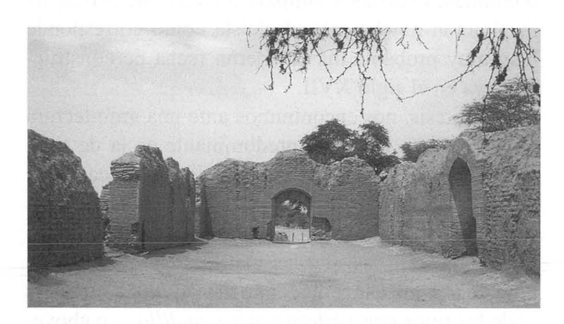


Figura 3
Vista del interior de la iglesia. Al fondo la puerta principal de acceso a la misma

tables si exceptuamos los periodos de afección del llamado fenómeno de «El Niño» que se producen de modo cíclico y ritmo relativamente variable, al parecer de entre quince y siete años en los ciclos más cortos.

Respecto a la estructura de la techumbre, la hipótesis más probable sería la de una cubierta de estructura de madera y cubrición vegetal y orgánica, a base de ramaje y guano. Esta clase de cubiertas las hemos visto en otros templos norteños, como en el ya citado templo de San Lucas de Colán, y parecen remitirnos, por su morfología, a una tradición de *carpintería de ribera* más que de la típica *carpintería de armar española* de tradición mudéjar. La altura de los pies derechos y lo delgado de la sección de los mismos se compensaría con un ritmo más alegre en cuanto al número de soportes. Hay que tener en cuenta que la dificultad para conseguir escuadrías de secciones gruesas —en una región en la que escasean los bosques o predominan los de algarrobo, una especie de

madera durísima que soporta este clima extremado y desértico de la costa norte— pudo contribuir a extender esta clase de armaduras de madera en una región, no lo olvidemos, en la que el riesgo sísmico —amenaza gravísima para la estabilidad de las fábricas— ha sido siempre muy importante.

El templo de Túcume conserva dos de las tres portadas originales, la septentrional y la de levante; ambas presentan una luz de aproximadamente 10 pies y quedan resueltas mediante una fábrica de ladrillo con la cual se han construido los arcos de medio punto y las jambas de la portada exterior, así como el arco escarzano que permitía el cobijo de la puerta por el interior. El módulo de los ladrillos empleados es de un pie de largo por 2/3 de pie de ancho, es decir, de unos 28 por 18 cm. Originalmente, estas fábricas de ladrillo debían de encontrarse enlucidas con alguna clase de revoco, quizá de yeso, que se ha perdido casi por completo en los paramentos verticales; sin embargo, se conserva una parte considerable de revestimiento en el intradós de algunos de los arcos y en otras partes de los muros, lo que nos permite admirar la decoración pictórica primitiva, una vez más de temática naturalista y floral, aplicada en suaves colores sobre el blanco enlucido de yeso.

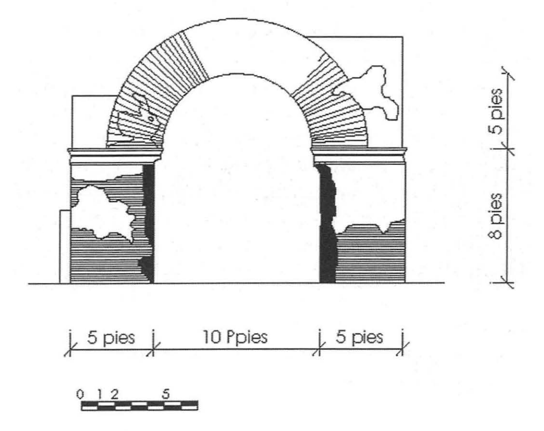


Figura 4
Alzado de la portada principal de la iglesia de Túcume Viejo. Levantamiento planimétrico Antonio Vela Cossío, arquitecto



Figura 5
Portada principal de la iglesia de Túcume Viejo



Figura 6
Restos de decoración pictórica, con temas florales, en el revestimiento del intradós de un arco

Las portadas de Túcume nos recuerdan mucho a las que hemos tenido ocasión de estudiar en Saña, que están bien datadas a fines del XVI. Esto nos permite suponer como fecha probable para la construcción de la iglesia la segunda mitad del siglo XVI, lo que la convertiría en una de las más antiguas del Perú septentrional.

Notas

1. En los trabajos clásicos más importantes apenas hay referencias a los edificios históricos del norte peruano a excepción de los templos de Saña y la arquitectura colonial que conserva la ciudad de Trujillo.

2. Hemos tenido ocasión de trabajar en el estudio de este patrimonio arquitectónico gracias a la ayuda recibida de la Universidad Politécnica de Madrid para el desarrollo del proyecto de investigación San Miguel de Piura: primera fundación española en el Perú. Sobre el legado arquitectónico español en el norte peruano puede consultarse el trabajo «La conservación del patrimonio arquitectónico y urbano virreinal en el norte del Perú» (de Villanueva y Vela Cossío, 2006).
3. Para el estudio de la arquitectura española en el Pacífico pueden consultarse los interesantes trabajos que se publicaron en el congreso internacional *1898 España y el Pacífico: interpretación del pasado; realidad del presente* (1999).
4. Emilio Harth Terrè es el autor que más atención ha prestado al conjunto de Saña. Su obra sobre los monumentos religiosos de esta ciudad (Harth Terrè, 1964) recoge el testigo de las muy raras obras anteriores (Wethey, 1946).
5. Ramón Gutiérrez ya señala que «en Lima los ejemplos que perfilan el ocaso del gótico tardío son reducidos pero pueden vislumbrarse en el templo de Santo Domingo, donde existen bóvedas de crucería realizadas por el maestro Jerónimo Delgado, autor del puente sobre el Rimac» (. . .) Para Gutiérrez, los templos de bóveda de crucería de comienzos del siglo XVII que se realizan en Saña y Guadalupe, en la costa norte del Perú, son obra de maestros procedentes de Bolivia (Gutiérrez, 1984: 57–62).
6. Harth Terrè, Emilio (1964): «Los monumentos religiosos de la desaparecida villa de Saña». *Anales del IAAIE* 17.
7. Sobre la construcción de bóvedas de crucería en el Renacimiento español pueden consultarse los trabajos de J.C. Palacios Gonzalo (Palacios, 1990; 2000).
8. 1 pie castellano = 27,86 cm.
9. 1 vara = 3 pies.

Lista de referencias

De Villanueva, L. y Vela Cossío, F. 2006. «La conservación del patrimonio arquitectónico y urbano virreinal en el norte del Perú». *Cuadernos Hispanoamericanos* núm. 673–674 (págs. 109–120).

Galván Guijo, J. 1999. «Nociones de arquitectura colonial española en Filipinas» en *1898: España y el Pacífico: interpretación del pasado; realidad del presente* (págs. 449–457).

Gutiérrez, R. 1984. *Arquitectura y urbanismo en Iberoamérica*. Madrid: Cátedra. 802 pág.

Harth Terrè, E. 1962. *La obra de Becerra en Lima y Cuzco*. Buenos Aires: Instituto de Arte Americano.

Harth Terrè, E. 1964. «Los monumentos religiosos de la desaparecida villa de Saña». *Anales del IAAIE* núm. 17.

Ibáñez Montoya, J. 1999. «Perspectiva del patrimonio arquitectónico y urbano de origen español en Filipinas» en *1898: España y el Pacífico: interpretación del pasado; realidad del presente* (págs. 459–462).

Luque Talaván, M.; Pacheco Onrubia, J. J. y Palanco Aguado, F. 1999. *1898: España y el Pacífico: interpretación del pasado; realidad del presente*. Madrid, Asociación Española de Estudios del Pacífico. 566 págs.

Palacios Gonzalo, J. C. 1990. *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español*. Madrid: Ministerio de Cultura.

Palacios Gonzalo, J. C. 2000. «Las bóvedas de crucería españolas, ss. XV y XVI». *Actas del III Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Sevilla: Instituto Juan de Herrera.

Porras Álvarez, S. 1999. « Arquitectura religiosa hispanofilipina» en *1898: España y el Pacífico: interpretación del pasado; realidad del presente* (págs. 463–482).

Wethey, H. 1946. *Saña, a dead city of Perú*. Michigan, Michigan University.

Wethey, H. 1949. *Art and architecture in Perú*. Cambridge.

Wethey, H. 1960. *Arquitectura virreinal en Bolivia*. La Paz.

Evolución histórico-constructiva de la iglesia de San Bartolomé de Atienza

Luís de Villanueva
Susana Mora
Alicia Castillo
Pilar Rodríguez Monteverde

La villa de Atienza, su Historia y la de sus inmuebles, ha sido publicada en diversas ocasiones en el último siglo (ver lista de referencias). Por tanto, la Iglesia de San Bartolomé, objeto de esta publicación, no representa una excepción, es más, es uno de los edificios más representativos de esta localidad, que por su riqueza patrimonial fue declarada Conjunto Histórico Artístico en 1962.

San Bartolomé ha sido objeto de nuevas investigaciones como consecuencia del proyecto que se lleva a cabo por el grupo de investigación interdisciplinar AIPA «Análisis e intervención en el Patrimonio Arquitectónico» de la Universidad Politécnica de Madrid. Dentro de este proyecto, se están realizando estudios patológicos y distintos proyectos de restauración sobre esta iglesia y otras de la provincia de Guadalajara. Es en este contexto donde se presenta la oportunidad de realizar otro tipo de investigaciones sobre el citado inmueble, gracias al análisis de sus fábricas y al estudio estructural que se ha realizado, ahora desde la perspectiva de la Historia de la construcción.

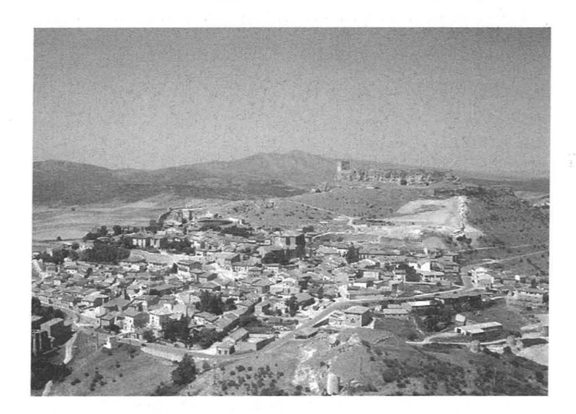


Figura 1
Panorámica de la villa de Atienza

El contexto histórico

Abordar la evolución histórico-constructiva de un inmueble, requiere relacionarlo con la Historia en la que se ha desenvuelto desde su origen. La génesis de la iglesia de San Bartolomé está directamente relacionada con el fenómeno de repoblación cristiana que comienza en el s. XII en Atienza y sus alrededores.

Como se ha publicado en otras ocasiones, esta villa tuvo un destacado papel estratégico-fronterizo entre el mundo islámico y el cristiano. Las crónicas cuentan cómo fue un punto de constante enfrentamiento entre ambos bandos, conquistado en 870–874 por Alfonso VI rey de Aragón y perdido a favor de Almanzor posteriormente, finalmente se convirtió en plaza cristiana bajo Alfonso I de Aragón (1106). Cuarenta y tres años después, Alfonso VII de Castilla le concede fuero a Atienza y un gran territorio que se extendía hasta el Tajo (Moreno y Sánz 1976: 59–61).

A mediados del s. XII es cuando comienza el crecimiento económico y social de la villa. Por entonces se rehace el castillo y la primera y segunda gran muralla que la rodea. Se construyen más de diez iglesias, entre ellas la parroquia de San Bartolomé, y varios hospitales, aumentando también el caserío hacia las laderas del cerro (López 1990: 10–11). Como en otras localidades, la población cristiana, islámica y judía convive y la ciudad se estructura en torno a sus distintos barrios.

En su fundación, San Bartolomé estaba a extramuros de la localidad, al lado de una antigua fuente romana, y fue posteriormente, con la construcción de la segunda muralla, cuando se la incluyó en la villa a ella y al barrio que lleva su nombre, hoy bastante reducido.

Junto con Alfonso VII, Alfonso VIII de Castilla es el otro rey que marca la vida de la villa en el medievo. Ambos favorecen a Atienza y su huella ha llegado hasta nuestros días incluso a través del folklore. De hecho, con este último monarca esta directamente relacionada la tradicional cofradía y fiesta denominada «La Caballada», que se sigue celebrando en la actualidad (ver p.e. Layna 1957).

El auge de Atienza prosiguió hasta entrado el s. XV, cuando sufre mermas de territorio y la ocupación de los navarros durante la «Guerra de los Infantes de Aragón». En este momento desaparecen varios barrios e iglesias que nunca vuelven a reconstruirse (el de Santa Maria y otros cercanos al Castillo) (Layna 1962: 8–9 y López 1990: 11).

Durante toda la Edad Moderna, y en especial desde la unión de Castilla y Aragón, el protagonismo de la localidad va en decadencia, puesto que deja de ser un territorio fronterizo entre ambos reinos. Además, la expulsión de los judíos también le perjudicó, pues supuso la perdida de un importante grupo de población. A pesar de ello, durante esta etapa se reconstruyen y amplían algunas iglesias, entre ellas la de San Bartolomé, se arreglan calles y plazas y se mejora el sistema de acceso al agua (López 1990: 12)

Resulta interesante resaltar que para la Edad Moderna se cuenta con información valiosísima sobre la villa, concretamente para el siglo XVIII, se conocen las respuestas del Catastro de Ensenada (1754) sobre esta localidad. Gracias a esta documentación se ha podido estimar unos 1500 habitantes para este período y se sabe que la villa tenía funciones de centro para toda la comarca, reuniéndose allí también la actividad artesanal y el comercio de la zona (López 1990: 13–42).

Con respecto a la Iglesia de San Bartolomé, el Catastro de Ensenada detalla que apenas tenía ayudas materiales o económicas de la recogida de impuestos (diezmos) y reparto de cosechas (p.e., grano, ganado, etc.). Esto se ha interpretado, junto con el hecho de que ella y el barrio que la rodea estuviera en las afueras de la villa, como que no fuera económicamente favorecida frente a otras parroquias ubicadas en la localidad (López 1990: 20–21).

Finalmente, Atienza ha tenido un desafortunado protagonismo hasta épocas recientes a raíz de dos contiendas: Primero durante la guerra de independencia contra los franceses, puesto que aquí situaron sus cuarteles el general Castaños y El Empecinado. Ello provocó que posteriormente las tropas francesas, bajo el mando del general Duvernet, arrasaran (incendiaran) la villa, destrozando y expoliando gran parte de su Patrimonio Histórico (Sanz 1976: 63). En los alrededores de nuestra iglesia protagonista se perdieron muchas casas debido al incendio y probablemente, las hogueras también debieron afectarla (López 1990: 45–47). Segundo, durante la Guerra Civil Española (1936–39), donde la localidad sufrió los últimos grandes destrozos. Para esta última contienda la villa tenía tenia unos 1048 habitantes (1940), pero ha sido en la segunda mitad del s. XX cuando se ha producido su mayor decadencia económica y social.

En la actualidad, la iglesia sirve de museo presentando un interesante repertorio de escultura y pintura religiosa de los periodos medieval y moderno. Junto con este, se puede observar también una rica colección de fósiles de todo el mundo con distintas cronologías (Quesada y Jiménez 1996: 10–120).

El templo

San Bartolomé ha sido considerada por Nieto, Alegre y Embid (1991: 36), como representante de un románico rural, previo al románico tardío con el que fueron elaborados los conjuntos arquitectónicos más reconocidos de la provincia de Guadalajara para esta época (monasterios de Bonaval, Buenafuente del Sistal, Monsalud, Ovila y la catedral de Sigüenza entre otros). Este estilo, que responde a la época de repoblación cristiana (s. XII), presenta las siguientes características:

- Son iglesias de nave única, con presbiterio, ábside y espadaña, orientadas según su eje longitudinal en dirección este-oeste.
- El ábside orientado al este y semi-circular, se cubre por bóveda de cuarto de esfera y dispone de ventanas aspilleradas y/o con derrames, flanqueadas por columnas que sostienen arcos de medio punto.
- El presbiterio, de planta cuadrada y cubierto con bóveda de cañón, se separa de la nave por un arco triunfal, de medio punto, apoyado sobre columnas adosadas.
- La nave de planta rectangular irregular, usualmente de tres tramos, se cubre a dos aguas con teja cerámica sobre tabla y estructura de madera, con tirantes y a veces artesonados de tradición mudéjar.
- La puerta principal situada normalmente como acceso único en el muro meridional, suele estar flanqueada por pares de columnas que sostienen arquivoltas múltiples de medio punto y protegida, bien por un pequeño tejaroz sobre el regrueso del muro, con cornisa de canecillos labrados, o por un atrio porticado de tradición mozárabe, sobre columnas dobles o sencillas sobre basamento corrido, que soportan la arquería sobre la que descansa el tejado.
- Esta portada es la única parte del edificio que se decora, fundamentalmente en los capiteles y, en algunos casos, en las arquivoltas.
- La espadaña, triangular, con dos, tres o cuatro huecos para las campanas, se sitúa en la mayoría de los casos, a los pies de la nave y sobre su muro de poniente.
- Tanto la nave como la cabecera se suelen rematar con cornisa sobre canecillos lisos y, a veces, labrados con elementales motivos geométricos, zoomórficos o antropomórficos.
- La irregularidad alcanza a todos los elementos del edificio. Los descuadres y falta de simetría son características generalizadas.

Este modelo de iglesia, por tanto, se ajusta fielmente a la idea románica de articular dos espacios perfectamente definidos: el de la cabecera y el de la nave. Se define el ábside como lugar preeminente de la iglesia, como el espacio donde se enmarca el acto eucarístico, fundamental en la liturgia cristiana y debe, por tanto, ser un espacio reservado y especial y mantenerse separado de los fieles. Así, los ábsides se nos presentan en general, como los espacios mejor construidos y más cuidados en su realización. No es difícil encontrar tanto al interior como al exterior que el material utilizado es el sillar . . .

Sin embargo, si nos atenemos a otras cuestiones que influyen o caracterizan este inmueble —como son: la Historia de Atienza, que a partir del 1085 comienza a repoblarse, amparada la villa en su propia fortaleza y por la conquista de Sigüenza (López 1990: 33); su ubicación externa al primer recinto amurallado y próxima a una fuente de agua romana; y finalmente su ábside plano, similar al de Santa Maria Rey que esta ubicada en altura junto al Castillo de la misma villa y otros templos de zonas cercanas y fronterizas en época medieval (Iglesias de Santiago y San Vicente en Sigüenza, Almiruete, Sauca, Villacadino, Baides, Pinilla de Jadraque, Carabias, Castilblanco de Henares, Bochones, Rienda, Abánedes, La Miñosa, Palazuelos y el Monasterio de Buenafuente de Sistal). Estos ábsides «prismático-cuadrangulares» fueron frecuentes en Galicia, procedentes de la escuela Normanda, y de la primera mitad del s. XII, hasta que fueron desterrados por los semicirculares de la escuela francesa (Layna 1971: 51) —podríamos plantear la hipótesis de un origen anterior a este primer románico rural de la zona, si bien, como veremos a continuación, la evolución del edificio enmascara esta teórica primera construcción.

La iglesia se sitúa sobre una falsa altura, sustentada por el norte con las propias murallas medievales o segunda cerca de Alfonso VIII, quedando próxima a la puerta del «Arco de salida» y la citada fuente milenaria. Al sur se pueden observan restos de murallones, probablemente pertenecientes a la antigua judería. Rodea al inmueble una zona ajardinada y a su entrada principal, también por el sur, se le antepone un enrejado de tipo barroco francés, fechado en 1867 (Azcárate 1983: 97).

Desde un cerro próximo se observa como se eleva la cabecera, con cubierta a dos aguas de la que sobresale el campanil y la actual espadaña. También se percibe al cambio de eje en la cumbrera con el paso de la cubierta de la cabecera a la de las naves. Sobre estas últimas, al haberse construido el nuevo tejado a dos aguas, la cumbrera se centra respecto a la norte y al pórtico sur.

Sin embargo, el rosetón, a los pies del templo, y sobre todo las dos líneas verticales de sillarejo que delimitan lo que podría ser la nave única inicial, rela-



Figura 2
Vista exterior desde el cerro situado al oeste de la Iglesia



Figura 3
Arquería del atrio

ciona claramente la cabecera con la nave y la evolución de la misma. Para «regularizar» la cubierta a dos aguas de la nave de a iglesia, la nave norte, añadida, necesitó de un recrecido que se evidencia en el testero de poniente a los pies del templo.

Su fachada sur se abre al exterior mediante un atrio compuesto por columnas pareadas que descansan sobre un zócalo o plinto de sillería. La entrada se integra como un arco más en la galería y enfrentada a la portada principal, que está formada por tres arquivoltas de medio punto, una de ellas muy dañada y revocada con mortero. La arquivolta interior descansa en jambas lisas, la intermedia sobre columnas y la exterior directamente sobre el muro. Dichas arquivoltas se decoran respectivamente con un entrelazado de cestería, otra con un cordón liso y motivo de bolas y la última con motivo de ochos, donde se - sitúan figuras. Este motivo lo encontramos en otros lugares como en Campisábalos. Los capiteles se decoran también con cestería o con una figura zoomorfa de serpientes (Nieto, Alegre y Embid 1991: 177–178). Hay también una imposta decorada con roleos y entrelazos, así como marcas de cantero.

El gran volumen de fábrica de mampostería de la capilla del Cristo, rompe las proporciones de esta fachada y probablemente haya cortado el pórtico hacia el este.

Con respecto a la fachada oriental, la fábrica de la citada cabecera, en lo que sobresale de la nave es de mampostería rematando en sendos contrafuertes. En cambio, por sus laterales norte y sur, se observan sendas columnas adosadas a la sillería. La espadaña

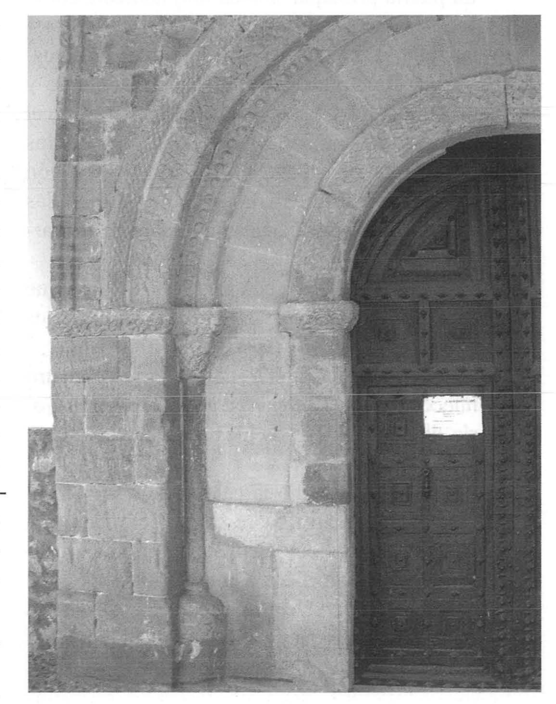


Figura 4
Detalle de las arquivoltas de la portada

vuelve sobre el campanil, de forma que mira hacia la fachada sur. Sin embargo, cuando se observa desde la fachada oriental, se diferencia perfectamente que este

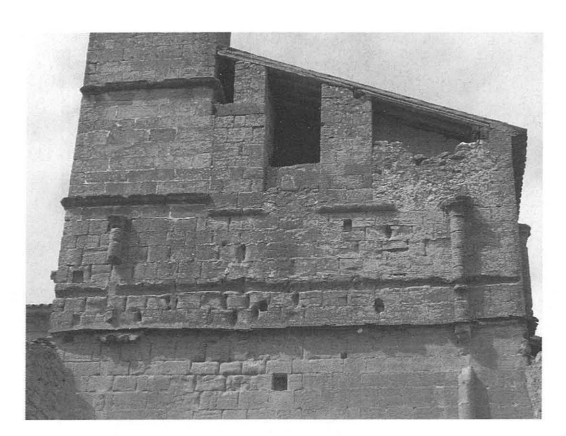


Figura 5
Parte alta de la fachada oriental

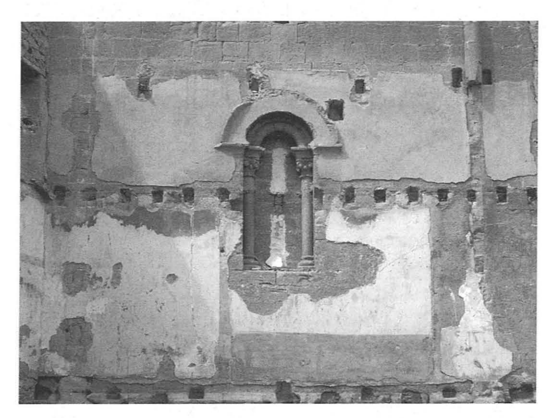


Figura 6
Ventana románica en la fachada oriental

elemento corresponde a una reforma posterior y que ha sido girado respecto del antiguo remate de la fachada oriental. La ventana con dos columnas y capiteles, hoy día cegada, formaría un eje vertical, respecto un hueco, entre dos machones de fábrica de piedra, que podría corresponder al antiguo campanil o espadaña del último alzado citado. A los lados, dos columnas se corresponden con el lateral de la cabecera y con el opuesto (hoy base de la nueva espadaña).

La zona inferior de esta fachada oriental está mejor conservada, por haber estado protegida por edificaciones que se adosaron. Concretamente, se trataba de la casa del santero y de una hospedería del s. XVI, que fueron suprimidas recientemente, sacando a la luz la cabecera plana y la ventana románica. Probablemente estas construcciones formarán un conjunto que estaba delimitado por un muro de mampostería, del que hoy todavía se mantiene algún lienzo y la propia puerta de entrada a esta zona.

El resto de la citada fachada este, presenta mechinales, rozas y otros cerramientos superiores, que han transformado su imagen, pero que son documentos importantes para entender la historia del edificio.

El exterior de la nave norte añadida es de fábrica de mampostería. Presenta dos contrafuertes y evidencia claramente en sus volúmenes la antigua capilla del Cristo y otros añadidos.



Figura 7
Fachada septentrional y espadaña



Figura 8
Vista de conjunto desde el lado occidental

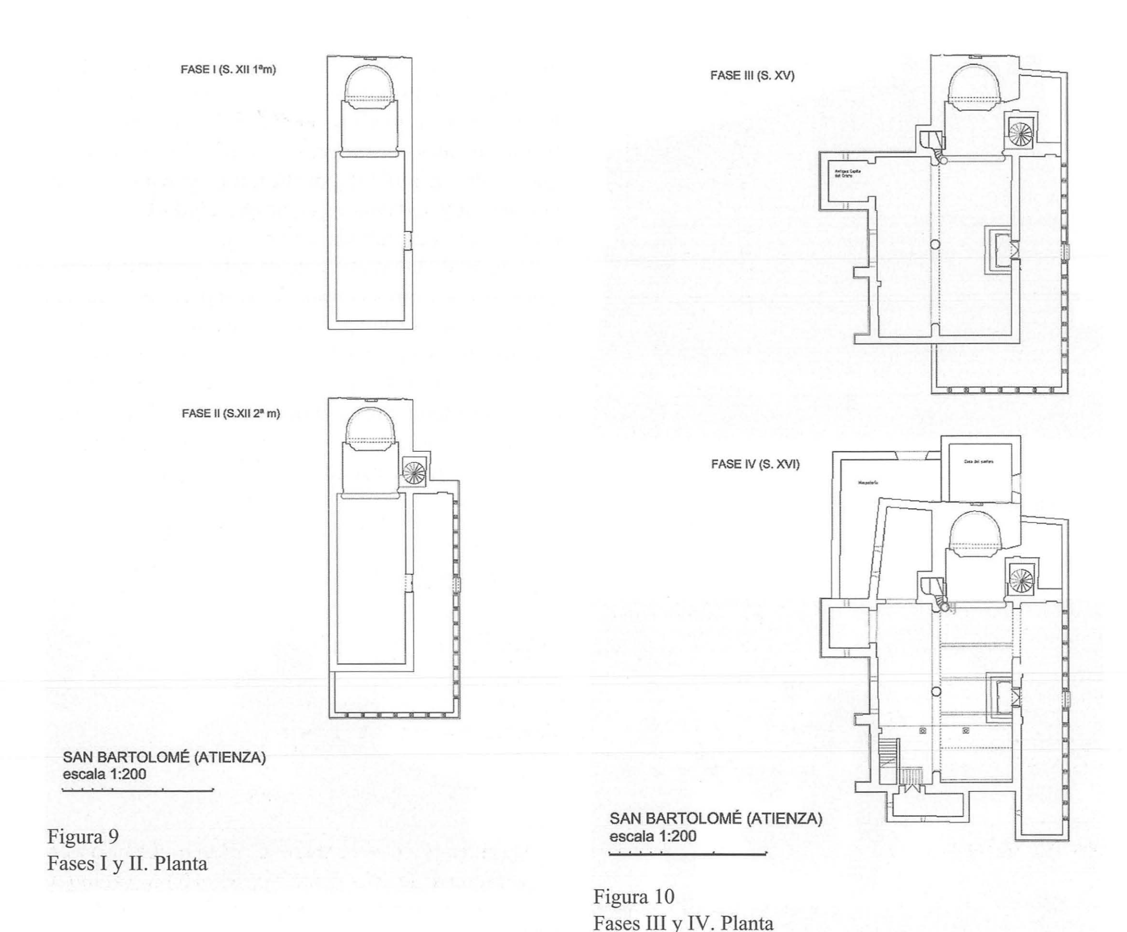


Figura 9
Fases I y II. Planta

Figura 10
Fases III y IV. Planta

En la fachada occidental, de la que ya hemos comentando algunos aspectos, se observan dos ejes verticales formados por sillares que enmarcan un cuerpo central actualmente revocado. A la izquierda, un muro de mampostería rematado en contrafuerte cierra la ampliación de la nave norte. Junto a este muro, un pequeño habitáculo de planta rectangular y fábrica de mampostería, que se remata con cubierta de teja a tres aguas alberga la capilla bautismal. Mientras que a la derecha se percibe la probable prolongación del pórtico proveniente de la fachada sur.

Evolución del edificio

En la actualidad, el interior de la iglesia de San Bartolomé se contempla como una «unidad», pero cuando se observa con más detenimiento, se aprecian los distintos volúmenes que conforman su evolución a lo largo del tiempo. Ésta, podrían resumirse de la forma siguiente:

- Primera mitad del s. XII (Fase I): obra románica, de una sola nave, con ábside exterior cuadrado y de influencia normanda.
- Segunda mitad del s. XII (Fase II): ampliación con pórtico, con posible extensión hacia el sur y el poniente. Construcción de torre campanario con escalera de acceso e inscripción en la saetera: ERA.M. CC.XLI OBIIT B OHAI, que según Layna (1971), podría corresponder al arquitecto o alarife que construyó ese elemento. Se corresponde con el reinado de Alfonso VIII y la influencia del románico segoviano y soriano en la zona.

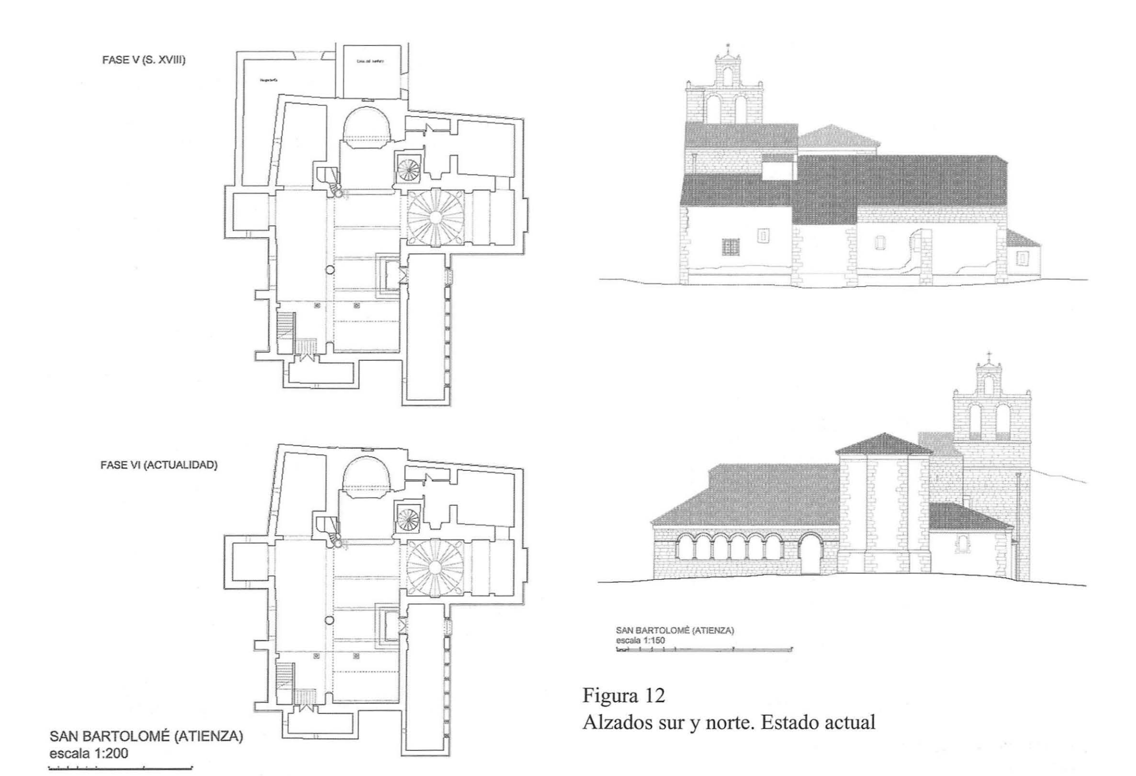


Figura 11
Fase V y VI. Planta

Figura 12
Alzados sur y norte. Estado actual

- S. XIV al s. XVI (Fases III y IV): Probablemente debido a las destrucciones anteriormente comentadas como consecuencia de los enfrentamientos entre reyes cristianos, al crecimiento poblacional y las transformaciones en el gusto, será esta la etapa de mayores cambios constructivos del edificio. Evoluciones que también se producen a partir de este período, en otras iglesias y monasterios de la zona (Nieto, Alegre y Embid 1991: 48, 50–58). Se añade una nave al norte, abriendo el muro de la primitiva nave central, con dos arcos apuntados sobre una pilastra. Se considera como hipótesis la apertura posterior de la antigua capilla del Cristo, la construcción de la capilla bautismal a los pies del templo y el habitáculo de la esquina sureste, que más tarde se ampliará con la actual sacristía. De esta época es la construcción de la cubierta de artesa con tirantes de madera traída de Galve, firmada por Marcos de Ajo y fechada en 1602. También parece ser, que es en el s. XVI cuando se construye la casa del santero y la hospedería. En este período, una parte del pórtico desaparecería.
- S. XVII y XVIII: Se amplia la sacristía y se añade una nueva construcción, que alberga la capilla barroca del Cristo de Atienza. De este momento también sería la construcción del coro de madera sobre columnas de piedra, situado a los pies del templo.
- Actualidad: Pérdida de las construcciones anejas (hospedería y casa del santero) que se alzaban al este y norte.

Agradecimientos

Ana Bautista, Natalia Rubio y Joaquín Méndez (becarios de Arquitectura). Don Agustín González (Párroco de Atienza).

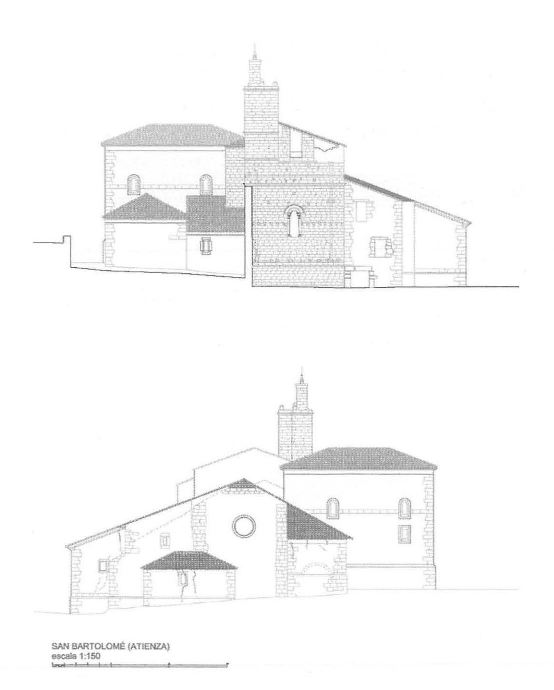


Figura 13
Alzados este y oeste. Estado actual

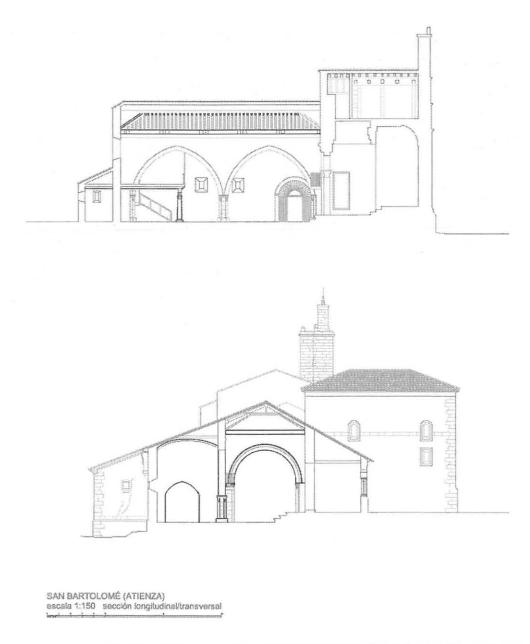


Figura 14
Secciones longitudinal y transversal. Estado actual

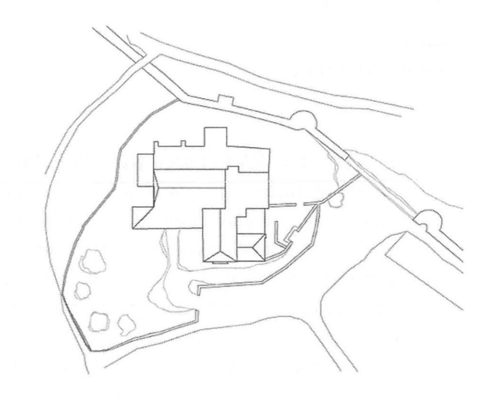


Figura 15
Entorno

Lista de referencias

Azcárate, J. M. 1983. *Inventario artístico de Guadalajara y su provincia,* 95–107. Madrid: Centro Nacional de Información Artística, Arqueológica y Etnológica. Ministerio de Cultura.

De la Garma Ramírez, D. 2000. *Rutas del románico en la provincia de Guadalajara.* Valladolid: Castilla Ediciones.

Herrera Casado, A. 1988. *Crónica y guía de la provincia de Guadalajara.* Guadalajara: Diputación Provincial de Guadalajara. 2ª Edición.

Layna Serrano, F. 1957. *Atienza, su castillo y «la caballada».* Madrid: Asociación española de amigos de los castillos.

Layna Serrano, F. 1967. *La villa de Atienza (Guadalajara).* Guadalajara: Junta Provincial de Información. Turismo y educación popular de Guadalajara.

Layna Serrano, F. 1971. *La arquitectura románica en la provincia de Guadalajara,* 49–71. Madrid: Servicio de Publicaciones del Patronato Provincial de Cultura de la Excma. Diputación Provincial de Guadalajara.

López Gómez, A (introd.) 1990. *Atienza 1752: Según las respuestas generales del Catastro de Ensenada.* Madrid: Centro de Gestión Catastral y Cooperación Trataria, Tabapress.

Quadrado, J.M. y De la Fuente, V. 1978 *España. Sus monumentos y artes, su naturaleza e Historia. Castilla la Nue-*

va, 2. Guadalajara y Cuenca, 161–163. Barcelona: Ediciones El Albir.

Quesada Valera, J. M. y Jimenez, A. 1996. *El arte en Atienza.* Guadalajara: AACHE.

Moreno Chicharro F.Y y Sanz López S. (1976) *Caminos de Sigüenza y Atienza,* 53–98. 3ª ed. Madrid: Gráficas ICROMO.

Nieto Tabemé, T.; Alegre Carvajal, E. y Embid García, M.A. 1991. *El románico en Guadalajara.* Estudio Museo.

Riesco Terrero, A. 1991. *Catálogo-índice documental del archivo de la Clerecía y demás archivos de las antiguas parroquias e instituciones de Atienza.* Madrid: Universidad Complutense, Facultad de Geografía e Historia, D.L.

Serrano Belinchón 2005. *Atienza, comarca montañosa y medieval,* 101–120. Guadalajara: AACHE Ediciones.

Páginas web

Última consulta: 12 de marzo de 2007.

http://www.geocities.com/Colosseum/Stadium/3602/

http://www.dguadalajara.es/municipios/atienza.htm

http://www.villadeatienza.com/

http://www.museosdeatienza.com/pages/1/index.htm

Lista de Autores

Abenza Ruiz, Beatriz. ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.

Acinas García, Juan R. Grupo Puertos y Costas, ETSI Caminos, Canales y Puertos, Universidade da Coruña.

Albuerne Rodríguez, Alejandra. ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.

Alonso Rodríguez, Miguel Ángel. ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.

Anaya Díaz, Jesús. Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès.

Andrés Díaz, Esperanza. Confederación Hidrográfica del Guadiana, Mérida.

Aranda Gutiérrez, Fernando. Confederación Hidrográfica del Guadiana, Mérida.

Arenillas Parra, Miguel. ETS Ingenieros CCP, Universidad Politécnica de Madrid.

Armillotta, Fabio. Facultad de Arquitectura, Università degli studi G. d'Annunzio, Chieti-Pescara, Italia.

Balsa de Pinho, Joana. Licenciada en Historia del Arte.

Barahona Oviedo, Marisa.

Barco Herrera, Ana B. Ingeniero de Caminos Canales y Puertos, Universidad de Burgos.

Bartolomucci, Carla. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per la Conservazione e la Valorizzazione dei Beni Culturali, Roma, Italia.

Benavent Ávila, Fernando. Profesor Titular de Técnicas de Conservación del Patrimonio Arquitectónico, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Valencia.

Benito Pradillo, María Ángeles. Universidad San Pablo CEU.

Bernabeu Larena, Jorge. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Madrid.

Bueno Hernández, Francisco. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Área de Ingeniería Hidráulica, Universidad de Burgos.

Bustamante Montoro, Rosa. Universidad Politécnica de Madrid.

Bustos Juez, Carlota. ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.

Bühler, Dirk. Deutsches Museum, Munich.

Cacciavillani, Carlos Alberto. Facultà di Architettura, Università degli studi G. d'Annunzio, Chieti-Pescara, Italia.

Cajigal Vera, Miguel Ángel. Universidad de Santiago de Compostela.

Calvo López, José. Universidad Politécnica de Cartagena.

Camino Olea, María Soledad. Dra. Arquitecto, Profesor Titular de la ETS de Arquitectura, Universidad de Valladolid.

Cárdenas y Chavarri, Javier de. Catedrático de Construcción de la ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.

Casa Martín, Fernando da. Departamento de Arquitectura, Universidad de Alcalá de Henares.

Casals Balagué, Albert. Dr. Arquitecto, miembro del Grupo de Investigación DITEC de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Casas, Antonio de las. Agencia Andaluza del Agua, Málaga.

Casanova Sanjuán, Marta. ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de Cantabria.

Cassinello Plaza, María Josefa. Profesor Titular Interino, ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.

Castillo, Alicia. Universidad Politécnica de Madrid.

Castillo, Juan Carlos.

Cervelló, Josep.

Chamorro Trenado, Miguel Ángel. Dr. Arquitecto Técnico, Profesor de la Escuela Politécnica Superior, Universidad de Girona.

Crespo Delgado, Daniel. Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo.

Díaz-Guerra Jaén, Carmen.

Diaz-Pavón, Eduardo.

Durán Fuentes, Manuel. Dr. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de La Coruña.

Fernández Correas, Lorena. Universitat de València.

Fernández Muñoz, Yolanda. Universidad de Extremadura.

Fernández Suárez, Juan M. Grupo Puertos y Costas, ETSI Caminos, Canales y Puertos, Universidade da Coruña.

Ferrer Torío, Rafael. ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de Cantabria.

Fiorino, Donatella Rita. Dottore di Ricerca in Conservazione dei Beni Culturali presso il Politecnico di Milano, Cultore della materia presso l'Università di Cagliari, Facoltà di Architettura, Dipartimento di Architettura.

Fonseca García, José María.

Fortea Luna, Manuel. Doctor Arquitecto.

Fuster, Albert. Profesor de Historia de la Construcción, Arquitectura Técnica Escola Elisava.

Garcés Esteban, Pablo. ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.

García Ares, José Antonio. ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.

García Bodega, Andrés. Profesor, Departamento de Arquitectura, Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares.

García Casas, Ignacio.

García Castillo, Luis María. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Catedrático Escuela Universitaria, Universidad de Burgos.

García García, Rafael. Profesor Titular, ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.

García Morales, Soledad. Universidad Politécnica de Madrid.

García Moreno, Juan Carlos.

Gatón Gómez, Elesio. Arquitecto, Profesor de la ETS de Arquitectura, Universidad de Valladolid.

Genin, Soraya.

Giannattasio, Caterina. Investigadora y profesora de restauración arquitectónica, Facultad de Ingeniería, Departamento de Arquitectura, University of Cagliari.

Gil Crespo, Ignacio Javier. ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.

Giner García, María Isabel. Arquitecto Técnico, Profesora Asociada del Dpto. de Construcciones Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Gestión de la Edificación, Universidad Politécnica de Valencia.

Gómez Sánchez, M. Isabel. Dpto. Ideación Gráfica Arquitectónica, ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.

González, Concepción.

González, Fermín.

González Gonzálvez, Jaime J. Geógrafo, Sasetti Canarias.

González Lozano, Víctor.

González Moreno-Navarro, José Luis. Dr. Arquitecto, miembro del Grupo de Investigación DITEC de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Gónzalez Redondo, Esperanza. Departamento de Arquitectura, Área de Construcción, Universidad de Alcalá de Henares

Gonzalo Orden, Hernán. Área de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Dpto. de Ingeniería Civil, Universidad de Burgos.

Graciani García, Amparo. Dr. Historia del Arte, Departamento de Construcciones Arquitectónicas II, ETS de Arquitectura, Universidad de Sevilla.

Grau Fernández, Marta. Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo.

Hernández García de la Barrera, I.

Hernando de la Cuerda, Rafael. Universidad de Alcalá de Henares.

Herrera Peral, Almudena. ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de Cantabria.

Herrero Cobo, Rosa.

Huerta, Santiago. ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.

Hurtado Valdez, Pedro. ETS de Arquitectura, Universidad Politénica de Madrid.

Izquierdo, Sonia.

Lasheras Merino, Félix. Universidad Politécnica de Madrid.

Latorre González-Moro, Pablo. Arquitecto.

López Bernal, Vicente. Arquitecto

López Guzmán, Rafael. Universidad de Granada, Departamento de Historia del Arte.

López Manzanares, Gema. ETS de Arquitectura y Geodesia, Universidad de Alcalá de Henares.

López Patiño, Gracia. Departamento de Construcciones Arquitectónicas, ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia.

López Ulloa, Fabián Santiago. ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.

Maldonado Ramos, Luis. ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.

Manjón Miguel, José Luis. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Burgos.

Margiotta, Nina Maria. Facultà di Architettura, Università degli studi G. d'Annunzio, Chieti-Pescara, Italia.

Marín Palma, Ana M. Área de Construcciones Arquitectónicas, Departamento de Arquitectura, Universidad de Alcalá.
Marín Sánchez, Rafael. Profesor Titular de Historia de la Construcción, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Valencia.
Martínez Martínez, José Antonio. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Burgos.
Martín Talaverano, Rafael.
Martínez Montero, Jorge. Departamento de Patrimonio Artístico y Documental, Universidad de León.
Mazzanti, Claudio. Facultà di Architettura, Università degli studi G. d'Annunzio, Chieti-Pescara, Italia.
Menéndez Iglesias, Francisco. Grupo Puertos y Costas, ETSI Caminos, Canales y Puertos, Universidade da Coruña.
Merino, Rafael.
Merino de Cáceres, José Miguel. Profesor, Departamento de Composición Arquitectónica, ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.
Mora, Susana. ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.
Moral Del Hoyo, Sergio. Área de Prehistoria, Universidad de Burgos.
Morales Segura, Mónica. Arquitecto. Madrid.
Moreno Blanco, Raimundo.
Muñoz Pérez, Juan José. Profesor de Ingeniería de Costas. Dpto. Física Aplicada, Universidad de Cádiz.
Nardella, Antonia. Facultà di Architettura, Università degli studi G. d'Annunzio, Chieti-Pescara, Italia.
Nucci, Anna Di. Facultad de Arquitectura, Università degli studi G. d'Annunzio, Chieti-Pescara, Italia.
Núñez Martí, Paz. Profesora, Departamento de Arquitectura, Universidad de Alcalá de Henares.
Oliver Montell, Irene Isabel. Arquitecta, miembro del Grupo de Investigación DITEC (profesores González y Casals) de la Universitat Politècnica de Catalunya.
Orriols, Marc.
Palacios Gonzalo, José Carlos. Profesor Titular, ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.
Pezzi, Aldo. Facultad de Arquitectura, Università degli studi G. d'Annunzio, Chieti-Pescara, Italia.
Pita Galán, Paula. Universidad de Santiago de Compostela.
Polo García, María Eugenia. Centro Universitario de Mérida. Universidad de Extremadura.
Rabasa Díaz, Enrique. Catedrático de Universidad, Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica, EST de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.
Revuelta, Victoria.
Reynolds Álvarez, María. Arquitecta.
Ripoll Masferrer, Ramón. Profesor del Departament d'Arquitectura i Enginyería de la Construcció, Universitat de Girona.
Rodríguez García, Ana. Universidad de Alcalá de Henares.
Rodríguez Marcos, José Antonio. Área de Prehistoria, Universidad de Burgos.
Rodríguez Martín, Germán. Museo Arqueológico Regional de la C. A. de Madrid, Alcalá de Henares.
Rodríguez Monteverde, Pilar. Universidad Politécnica de Madrid.
Rojo Arce, Marta. Área de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Dpto. de Ingeniería Civil, Universidad de Burgos.
Ruiz Bedia, María Luisa. ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de Cantabria.
Ruiz Gómez, Beatriz. ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de Cantabria.
Ruiz Gutiérrez, Ana. Universidad de Granada, Departamento de Historia del Arte.
Sáenz Ridruejo, Clemente. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Sáenz Sanz, Clemente. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Saldaña Arce, Diego. Ingeniero de Caminos Canales y Puertos, Universidad de Burgos.
Saldaña Martín, Lorenzo. Área de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Dpto. de Ingeniería Civil, Universidad de Burgos.
Sánchez Carcaboso, José Luis. Confederación Hidrográfica del Guadiana, Mérida.
Sánchez García, Jesús Ángel. Universidad de Santiago de Compostela.
Sanjurjo Álvarez, Alberto. Arquitecto, Profesor de Expresión Gráfica, Escuela Politécnica Superior, Universidad San Pablo-CEU. Madrid.
Sanz Arauz, David. ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.
Sanz Prat, Javier. Arquitecto, miembro del Grupo de Investigación DITEC (profesores González y Casals) de la Universitat Politècnica de Catalunya.
Segura Graiño, Cristina. Universidad Complutense de Madrid.
Serafini, Lucia . Facultad de Arquitectura, Università degli studi G. d'Annunzio, Chieti-Pescara, Italia.
Serra i Clota, Assumpta.
Serra Desfilis, Amadeo. Universitat de València.
Silva, Mónica. Departamento de Diseño, Arquitectura y Artes Plásticas, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.
Sobrino González, Miguel. ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.

Sorroche Cuerva, Miguel Ángel. Universidad de Granada, Departamento de Historia del Arte.

Tejedor, Begoña. Profesora de Dinámica Marina. Dpto. Física Aplicada, Universidad de Cádiz.

Trigueros, J. Alonso.

Varagnoli, Claudio. Facultad de Arquitectura, Università degli studi G. d'Annunzio, Chieti-Pescara, Italia.

Vela Cossío, Fernando. Dr. Arqueólogo, Profesor Asociado, Departamento de Composición Arquitectónica, ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.

Verazzo, Clara. Facultad de Arquitectura, Università degli studi G. d'Annunzio, Chieti-Pescara, Italia.

Villanueva, Luis de. ETS de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.

Zullo, Enza. Facultad de Arquitectura, Università degli studi G. d'Annunzio, Chieti-Pescara, Italia.

Índice de Autores


MINISTERIO
DE FOMENTO
CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS
CEHOPU
CENTRO DE ESTUDIOS HISTÓRICOS
DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO


ISBN 978-84-7790-447-2
9 788477 904472